前　　言

《法医骨学》是适应法医工作的实际需要，根据本人多年工作中积累的资料和经验，并参阅了国内外较新资料编写而成的，鉴于目前国内有关这方面的专著还很少，因此本书的出版对我国法医工作者可能有所裨益。但由于业务水平有限，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

本书在编写过程中，曾得到冯真华同志的帮助，赵海波、吴启鸿、翟建安、黎纯学等同志对书稿提出了许多宝贵的意见，谨致谢意。

陈　世　贤

于建国三十周年

目　　录

第一章　骨的总论

〔附　录〕

第一章 骨的总论

一、概 论

法医骨学是以骨骼为研究对象，运用医学、人类学以及其它自然科学的理论和方法，解决公安、司法工作中提出的有关问题。法医骨学的内容主要包括两大部分，即骨质损伤的检验和骨骼的个人识别。前者是研究损伤形成的机制，生前伤抑或死后伤，损伤的性质，分析暴力损伤的着力点、打击次数、顺序、方向，以及从损伤推断凶器的可能性和损伤可能造成的后果；后者是从骨质认定是否人骨，骨骼的性别，死者年龄，推测死者身高，生前的面貌特征，为侦察破案提供重要的线索和科学根据。

骨损伤，可追溯到很早以前。据人类学家研究，在史前期的人类颅骨上已发现有许多种损伤，在分析造成损伤原因时，推测可能是自然灾害事故，也有人为工具打击所致。新石器时代的人遗骨中，也见到锁骨有工具损伤。人类进入铁器时代，刀、枪、矛、箭相继出现，这个时期的遗骨挖掘中，就发现有砍伤、穿透伤，以至见到金属箭头被埋入骨内的情况。

但是，对骨骼进行损伤检验和个人识别鉴定则是很晚以后的事。最先开展这方面工作的是我国。

早在东汉（公元25—220年）时代，处理案件时就有审

察皮伤、肉创、骨折的记载。到宋朝宋理宗淳祐七年（公元1247年），法医学家宋慈在总结前人经验的基础上，编著了《洗冤集录》，专门列有验骨和检骨两个章节，分述骨骼个人识别和骨骼损伤检验，并记载了检验方法。如检骨中就记载："浓磨好墨，涂骨上，候干，即洗去墨，若有损处墨即浸入，不损则墨不浸。"又"用新棉于骨上拂拭，遇损处必牵惹线丝……"。这些方法对纤细的骨质损伤，肉眼难以判别，而当时又无仪器可以借助的情况下，实为简便有效的检查方法。

元朝武宗至大元年（公元1308年），王与著的《无冤录》中，亦有棍棒殴打造成骨质损伤的记载，并指出对头部骨折"须用手捏著其骨损与不损"，即用手按之，探测其骨折与否。这种检查方法，在现代尸体检查中仍被沿用。

在此以后，西方的法医学著作中，才出现骨质检验的内容。如一八三五年法国奥菲拉（Orfila），一八八七年德国托尔德（Toldt），有过这方面的检验。一八九四年俄国的H•A奥勃隆斯基（H.A.ОБОЛОНСКИЙ）在他的著作《法医尸体检验和物证检验手册》中就有骨骼检验方面的章节，列举了骨骼个人识别和损伤方面的最初方法。但这些方法比较粗浅简单。随着科学的不断发展，骨质检验工作的内容才逐渐丰富起来。

骨质检验在以往的法医学中只作为物证检验的一部分，未能得到足够的重视。由于近代法医学和体质人类学的发展，现代化实验设备的不断出现，法医骨学才有可能得到较大的发展，使骨骼鉴定工作能给侦察破案过程提供更多的线索和证据。到六十年代，工业发达的资本主义国家首先将骨

质检验从一般法医学中细分出来，作为一门新的学科，从而出现了《法医骨学》和《法医齿科学》等等专门著作，这也是法医科学进入新发展时期的重要标志之一。

二、骨的解剖基础

骨是人体中最坚硬的结缔组织，全身共有206块。按分布部位不同，可以作为坚固的支架，支撑人体的重量；骨骼与关节、肌肉形成活动性联结，并通过骨骼的杠杆作用，保证运动机能；形成坚强的骨壁腔（颅腔、胸腔、骨盆），对重要器官起到保护作用。此外，骨参加钙的代谢，骨髓又是造血器官。

（一）骨的表面解剖

骨骼以其大小不同，形状构造相异，可分为长骨、短骨、扁骨和不规则骨四种。

长骨：其长径大于其它各径，多见于四肢骨，一般呈圆柱形或三棱形，中部较细称为骨干，两端粗大，称为骺。骺与骨干连接部分称干骺端。未成年时，干、骺间有骺软骨板相隔；成年后，骺软骨板钙化，骺、干间呈骨性愈合，但愈合处仍留有粗糙痕迹，称干骺线。骺端及干骺间软骨的骨化有一定时间，这一点在确定骨骼年龄方面有着重要意义。

短骨：长、宽、高三径大体相似，呈块状，多分布于灵活而又坚固的人体部位。如腕骨和跗骨。

扁骨：长和宽径很大，高度（厚度）很小，多在重要脏器周围，起到支撑和保护作用。如颅盖部扁骨（顶骨等）、

肩胛骨、肋骨等。颅盖部扁骨是法医损伤的多发部位。了解扁骨的形状及其构造，在分析损伤形成的机制时尤为重要。

不规则骨：外形不规则，不属于上述三类者，如颞骨等。

每块骨的表面由于受到周围条件的影响，如肌肉的附着、附近脏器的挤压、血管神经通过以及生物力学需要，形成各种不同形态，并有一定的名称。

高于骨质表面的有：刺状的尖锐突起称棘；耸起而不尖锐者，称为突；逐渐高起称为隆起；突起不明显，表面粗糙，称为粗隆；局限性骨质高起称为结节，小型的称小结节；细长的条形突起，称为嵴。

低于骨质表面的有：小浅凹称为凹；大浅凹称为窝；细长的凹陷称为沟；指状压痕称为压迹；骨缘缺陷称为切迹；其它还有孔、管、裂、腔等。

法医学中经常按骨的表面形态来鉴定性别，标划测量点，确定骨损伤的方位以及残骨的定位等等。

（二）骨的细微解剖

将骨骼制片放在光学显微镜下观察，可见两种骨质：近表面的为密质；近中心腔处为松质。密质和松质在本质上并无区别，只是松质的骨间空隙比密质更大而已。

将长骨骨干作一横断面，观察密质骨，其骨板的排列方式不同，可分为四种（图1—1）：

外环骨板层——围绕着骨干排列，有数层骨板，互相平行，并有与骨干成垂直方向的小孔道穿过，称为伏氏（Volkmann）管，外面同骨膜连接。

内环骨板层——居于骨干髓腔周围，由于髓腔不规则，

腔壁表面凹凸不平，内环骨板层按腔壁轮廓作不规则排列，层数不均，不如外环骨板层整齐。

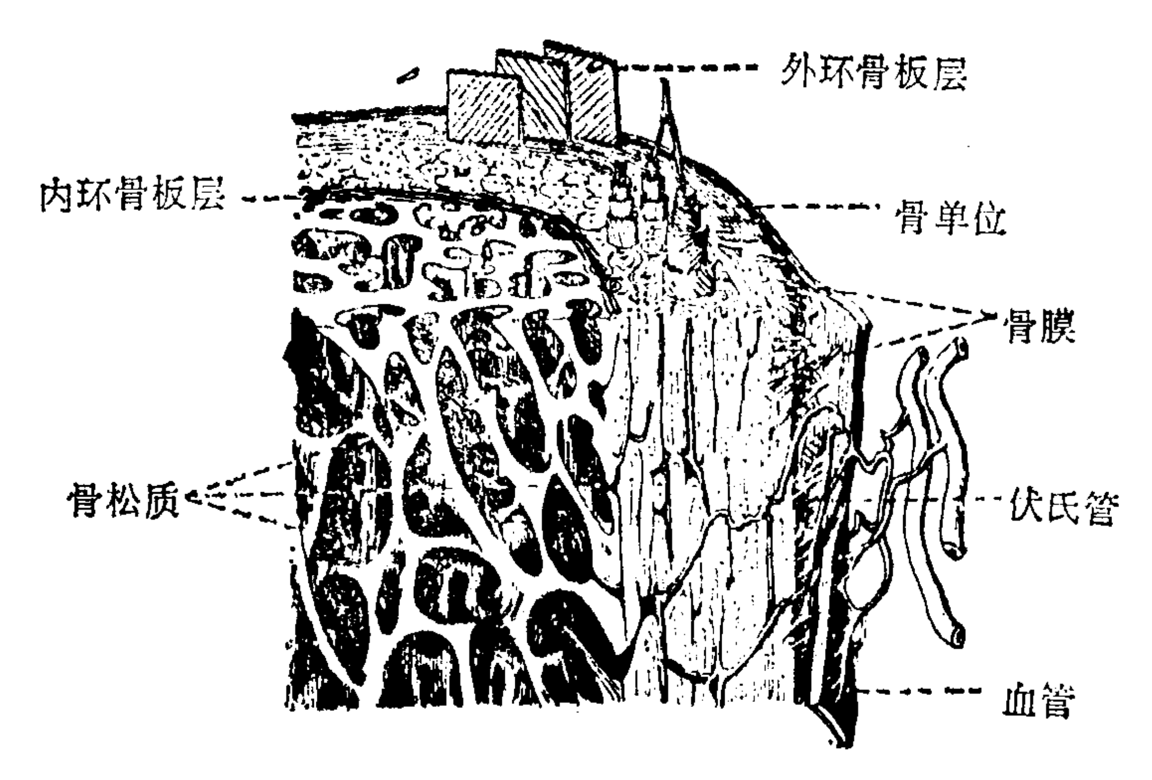


图1—1 骨内部构造

骨单位——是内外环骨板层之间骨质的主要部分。骨单位呈圆柱状，中心为一小管，称哈佛氏（Havers）管。管的直径约20—110微米，有动静脉和神经通过。血液经伏氏管从外环骨板输入。管周围骨板作同心圆排列，可达4—20层，每层厚约3—7微米。每一骨单位的表面有一层粘合质，称为粘合线。粘合线由一种半液体蛋白质胶体系统（粘多糖类）所组成，无原纤维。骨单位借此线与附近骨板分界。骨单位亦称为哈佛氏系统。

间骨板——处于骨单位之间的不完整骨板称为间骨板，排列不整齐，一般没有哈佛氏管，是新骨单位产生后留下的旧骨单位的遗迹。

骨板层之间都有许多空隙，约22—52微米长、6—14微米宽、4—9微米厚，呈卵圆形，称为骨陷窝，是骨细胞所在处。陷窝向周围伸出许多小管，称为骨小管，骨细胞借助骨小管彼此联通。

松质骨由许多骨小梁呈网状构成，如海绵一样。骨间空隙含有骨髓。骨小梁的粗细和排列情况随各骨而异，大体与骨骼压力及张力线一致。

不同类型骨中，其松、密质分布也不同。长骨具有支柱和杠杆作用，骨干大部分由密质构成，其抗压和抗拉强度大；而两端骨骺则含有大量的松质，体积膨大，增加了骨与骨之间的接触面。短骨则外包一层密质，内为松质。扁骨密质分为内外两层，中间夹有松质，亦有无松质者。典型的颅盖骨分为内板、外板两层，中间夹有疏松骨质称为板障。颅骨的这种结构使它能以较少的材料获得最大的强度（图1—2）。

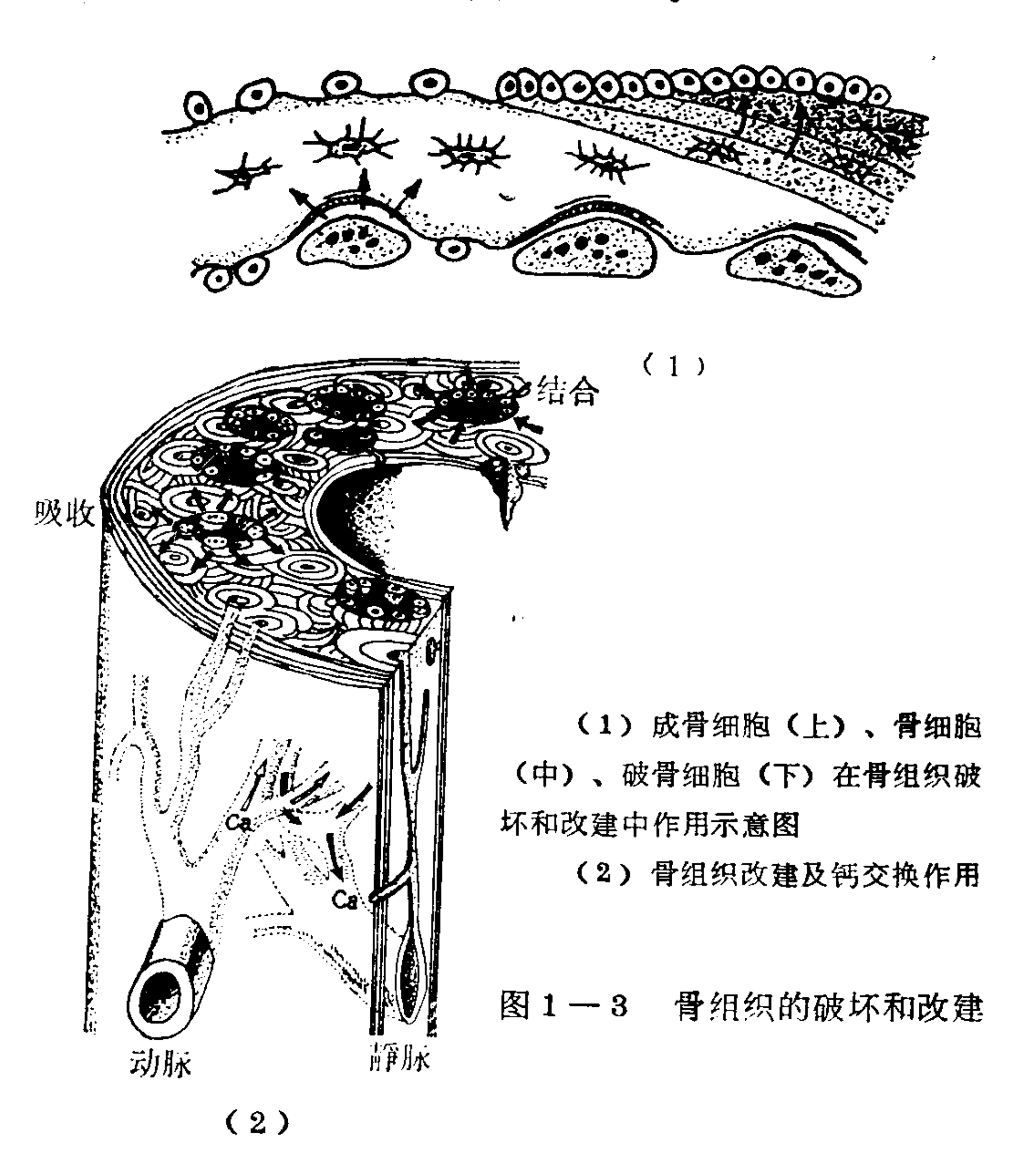


图1—2　颅骨横断面

（三）骨的基本成份

骨的构造和其它结缔组织基本相同，由骨细胞、纤维和基质三部分组成。

骨组织细胞可分为骨细胞、成骨细胞和破骨细胞三类。在一定条件下，这三种细胞可以彼此转化，在骨组织的破坏和改建中共同发挥作用（图1－3）。



（1）成骨细胞（上）、骨细胞（中）、破骨细胞（下）在骨组织破坏和改建中作用示意图

（2）骨组织改建及钙交换作用

图1－3　骨组织的破坏和改建

骨胶纤维是细胞间质中的有机成份，约占骨骼有机成份的95%，其结构同胶原纤维，也有等距横纹。大多呈致密的纤维束，彼此吻合，包埋在钙盐基质中，呈规则的分层排列，构成骨板。骨胶纤维在新鲜状态下呈白色，具有韧性，略有弹性，柔软易弯曲，抗牵引力较强，在稀酸中出现膨胀，热水中纤维发生皱缩，煮沸后形成骨胶，骨胶纤维的主要化学成份是一种蛋白，称为胶原。胶原含甘氨酸、脯氨酸及羟基脯氨酸，各约占30%。每个胶原多肽链由1000个氨基酸组成，呈螺旋形，三个螺旋形多肽链组成一个胶原大分子，长约280毫微米，直径1.4毫微米。骨胶纤维在骨骼中的排列方向与骨的力学性能有密切关系。

骨的基质包括有机化合物粘多糖蛋白和骨盐。据研究，成人骨骼约占总体重的18%，为12公斤左右，其中有机物质（包括纤维和粘多糖蛋白）约占30%，无机物质约60%（全身骨骼约有镁10—12克、磷520—550克、钙1100—1300克，相当于机体中这些元素总含量的58%、87%、99%），其余10%为水。羟基磷灰石〔$Ca_{10}(Po_4)_6(OH)_2$〕约占干骨体积的二分之一，重量的三分之二。此外，还有少量镁、钠、氟、磷酸和枸橼酸等。

骨各部位的钙盐分布亦不相同，在内外环骨板和间骨板中分布均匀，含量较高；而各骨单位的钙盐沉积程度则不一样，同一个骨单位，不同骨板层也不一致，新生骨单位钙盐少，老骨单位钙盐多。同一个骨单位中，钙盐由内向外逐渐增多。

骨的有机质和无机质之间的正常比例，亦随年龄、疾病、饮食习惯等因素而发生变化。幼儿含无机盐类较少；老

年人则骨胶纤维较少，钙盐沉着增多．骨质变脆。佝偻病人钙含量很低；嗜动物性食物者，无机盐类含量比嗜植物性食物者为高。

骨胶纤维与无机盐类彼此结合极为密切，使骨骼兼有一定的弹性和硬度。将骨脱钙后，骨的外形仍旧保存，只是所剩骨胶纤维使骨骼变得柔软而富有弹性。如果将骨骼置于高温中烧去有机质，残留无机盐类时，仍保持骨的外形，只是表面失去光泽，并变得松脆。

（四）骨的发生

硬骨的发生有两种方式：一种是由纤维性结缔组织膜内形成的骨组织，叫做膜内成骨，如颅盖骨和面部骨骼；另一种是先形成软骨，再经过骨化才形成硬骨，如颅底骨、长骨和不规则形骨骼。这两种形式形成的骨都发端于胚胎时期的中胚层间充质。间充质细胞分化为成骨细胞，成骨细胞形成骨纤维和有机基质。这种基质和纤维，具有沉淀骨盐的作用，叫做类骨质。随着骨盐沉积，骨胶纤维形成有规律的排列，逐渐出现骨板层，使成骨细胞及其突起包埋在钙盐中，逐渐形成骨陷窝和骨小管。

1.膜内成骨。间充质细胞发育分裂先形成结缔组织骨膜，在骨膜的一定部位开始形成骨化，称为骨化中心或骨化点，该点逐渐向深部和表面作放射状发展。出现的骨板形成早期骨小梁，交织成网，网眼中充满红髓。

颅盖部的扁骨都是膜内成骨，随着脑髓的发育增大，颅骨也不断生长变化，表面的骨小梁逐渐增加，而脑面的骨小梁逐渐吸收，使颅腔不断扩大。

2.软骨内成骨则比较复杂。以长骨为例，最初由间充质形成软骨，此时软骨已有骨干和骨骺的形状。发育到大约胚胎第三个月时，软骨干的中心软骨组织开始退变，并有钙盐沉着，这种变化称原骨化中心（图1—4）。与此同时，在骨干周围的软骨膜下，内层细胞分化成为骨细胞，形成骨小梁，围绕骨干成为骨领。软骨膜成了骨外膜，骨外膜的血管连同结缔组织，穿过骨领，进入原骨化中心，将钙化软骨破坏，形成蜂窝状的孔隙，由血管和间充质分化而来的红骨髓填充，称原始骨髓腔。

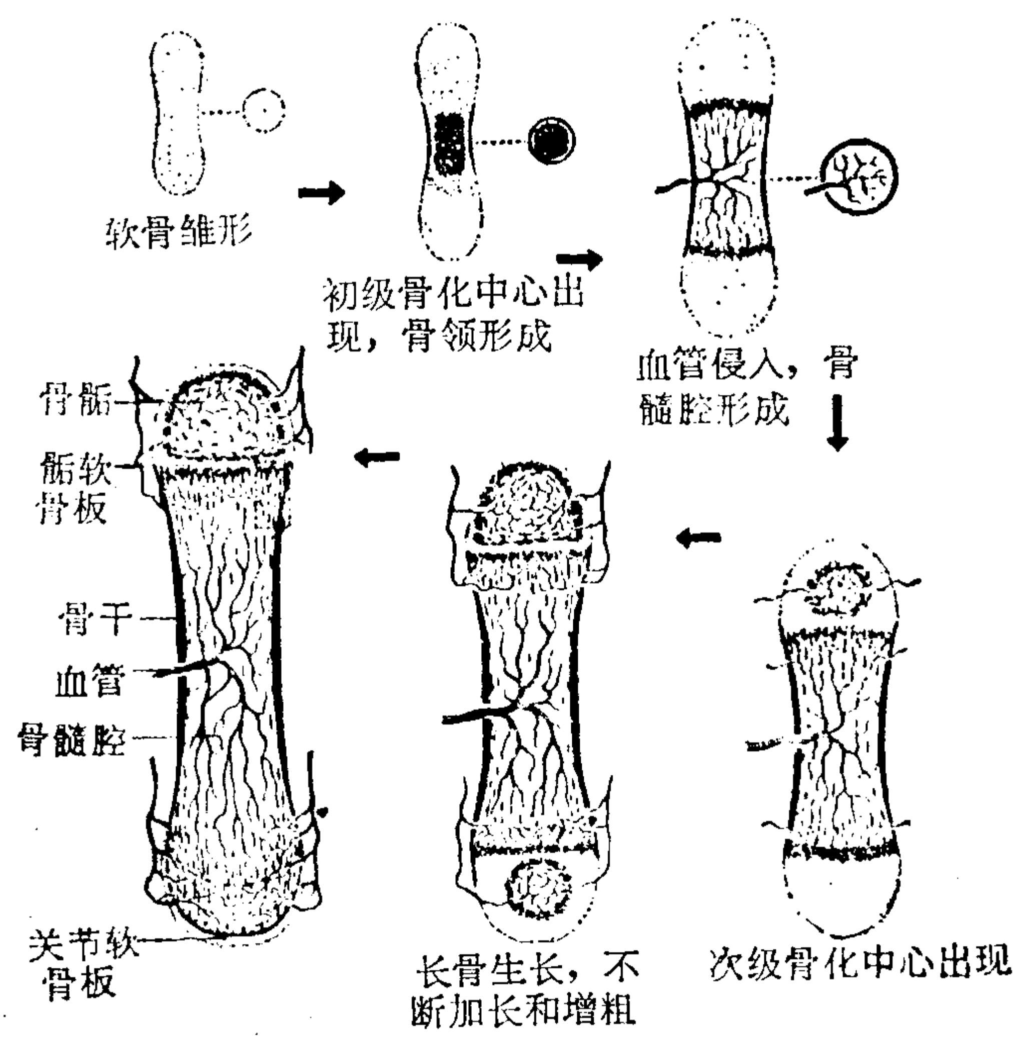


图1—4　长骨软骨内成骨过程模式图

随着软骨不断生长，原骨化中心的成骨过程也继续从骨干向两端骨骺发展，软骨出现有秩序的变化。待婴儿出生后，在骺端软骨中心出现次级骨化中心，骨化中心向四周扩散，不断生成骨小梁，形成骺端的松质骨。

在骨的生长过程中，骨领表面不断增生，里面不断吸收，逐渐扩大骨髓腔和骨干的横径。最先由破骨细胞浸蚀骨领，使之出现沟道。骨外膜的血管侵入骨领，穿行沟道之中，血管周围的成骨细胞随之包围，逐渐形成同心圆排列的骨板。此即形成的第一代骨单位。随着身体支持和负荷的变化，骨板不断增加，管腔逐渐闭塞而退化，又出现新的沟道，并以上述方式产生第二代骨单位。第一代骨单位成为残迹，存留在第二代骨单位之间，即为间骨板。骨单位的这种新旧交替，延续终生，在成年后变化较缓慢，并随负荷机能改变，各部位骨的新旧更新的速率也有不同。

骨的发生过程，个体变异不大。骨化点的出现和骨骼生长情况，是对未成年骨骼进行年龄鉴定的主要依据。

三、骨的力学性能

人类在同自然界进行长期斗争的过程中，人的体质构造也随着斗争需要发生演变和进化，这种演变和进化不断对人的骨骼和其它脏器的发生和生长产生着重要影响，逐渐改变了骨骼的原有力学结构，使其更适应现阶段生存活动的需要。骨骼在人类发展中逐渐形成的这种形状和构造的力学性能，是法医研究骨骼损伤的重要基础。

（一）骨骼力学试验的基本知识

物体（如工具）作用于人体造成的损伤，称为机械性损伤。机械性损伤是外力作用的结果。力就是一个物体对另一个物体的相互作用，前者称为施力物体，后者称为受力物体。力作用的结果可以使受力物体改变运动的速度、运动的方向，以及产生变形。力有大小、方向和作用点，可以用一根带箭头的直线段来表示，直线段的长短表示力的大小，箭头指向就是力的方向。

在损伤研究中经常涉及到暴力、作用力、打击力，统称为外力。如凶器打击头部，凶器所作用的力就是头部所受到的外力。当外力作用于某一物体，对该物体进行力学分析时，这种外力又可称为荷载。按荷载的特点可分为静荷载和动荷载。静荷载一般是指外力非常缓慢地施加于物体，并逐渐增加到某恒定的或变动不显著的荷载值，由于这种外力作用很缓慢，因而受力物体所产生的加速度可以忽略不计；而动荷载则不同，它使受力物体产生的加速度是不容忽视的。当某一物体因外力作用使其速度在极短时间内有很大的改变时，称为冲击荷载。在冲击荷载作用下，受力物体的速度变量很大，即加速度（或减速度）值很大，所以说冲击荷载也是属于动荷载的一种特殊形式。

物体因为外力作用而发生形状和尺寸的改变，叫做变形。变形是由于外力作用于物体，使物体内部分子之间的排列位置发生改变而引起的。严格地说，凡外力作用于物体，都能引起该物体的变形。

物体内部这一部分与另一部分之间互相作用的力称为内

力。外力使物体发生变形，同时又在物体的内部引起内力。所以内力的作用总是与外力的作用相抗衡。在力的平衡条件下，内力的合力与外力的合力总是大小相等、方向相反。

应力是指受力物体单位截面积上内力的大小，可以用下列公式表示：

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

σ ——应力，单位为公斤/平方厘米；

P ——受力物体截面上的内力合力，其值等于外力合力，单位为公斤；

F ——受力物体的截面积，单位为平方厘米。

外力以不同的方式作用在物体上，引起物体变形的形式也不同。物体有五种基本变形，即：拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲。

拉伸与压缩：在截面对称的物体两端，沿着对称轴受到两个大小相等，方向相反的外力作用，如果这两个外力的方向相背（如图1—5上），物体就会伸长，在这种情况下，外力就是拉力，由它引起物体的变形，就是轴向拉伸，而该物体截面上所引起的内力，就是拉应力；反之，如果这两个外力的方向相对（如图1—5下），物体就会缩短，在这种情况下，外力就是压力，由它引起物体的变形，就是轴向压缩，而该

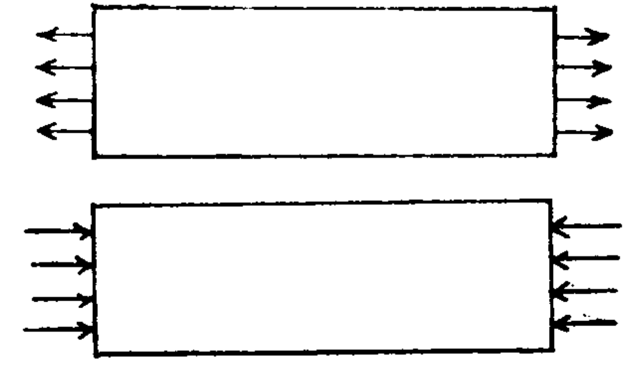


图1—5 （上）轴向拉伸·（下）轴向压缩

物体截面上所引起的内力，就是压应力。

物体的绝对伸长等于变形后的长度减去原来的长度，即 $\triangle L = L_1 - L_0$。

每个物体（杆件）沿单位长度所产生的伸长(或缩短)，叫单位伸长（缩短），亦称相对变形或应变。在弹性限度内，应力与相对变形（或应变）成正比。以杆件为例进行的实验还得到以下的结论：在弹性限度内，杆件的绝对伸长△L与拉力P及杆长L成正比，而与横截面面积F成反比，数式表示则为：$\triangle L \propto \frac{PL}{F}$。如果写成等式，需加比例常数E，即 $\triangle L = \frac{PL}{EF}$。这种比例关系就是虎克定律。比例常数E又称材料的弹性模量。弹性模量E代表拉伸(或压缩)时，材料对弹性变形的抵抗能力。E的数值越大，材料抵抗变形的能力就愈强。材料的弹性模量受材料种类、组成、材质的均匀性，以及受力特征等多种因素的影响，表1－1为某些材料的弹性模量参考值，其计算单位是公斤/平方厘米（见表1－1）。

由实验得知，在拉伸或压缩时，杆件不但有纵向变形，同时横向也发生变形。在弹性变形范围内，横应变与纵应变之间存在着简单的正比关系：S_1（横应变）$= -\mu S$（纵应变）。

μ称为泊松比，它是一个无因次量的常数，同弹性模量E一样，表示物体的物理性质。各种物体的泊松比各不相同，其数值由实验来确定（表1－2）。

表1—1 弹 性 模 量 数 值

材 料 名 称	E（10^6 kg/cm²）	材 料 名 称	E（10^6 kg/cm²）
低炭钢	2.0～2.2	砖	0.03
合金钢	1.9～2.2	混凝土	0.10～0.30
铸 铁（灰口、白口）	1.15～1.60	木材（顺纹）	0.10
铜及其合金（黄铜）	1.0	木材（横纹）	0.005
铝	0.7	橡 胶	0.00003
花岗岩	0.09	骨	0.187

表1—2 泊 松 比 的 数 值

材 料 名 称	μ	材 料 名 称	μ
钢	0.25～0.33	锌	0.21
铜	0.31～0.34	玻 璃	0.25
青 铜	0.32～0.35	石 料	0.16～0.34
铸 铁	0.23～0.27	混凝土	0.08～0.18
铅	0.45	橡 胶	0.47
黄 铜	0.32～0.42	胶合板	0.07
铝	0.32～0.36	骨	0.22

剪切：物体受到大小相等，方向相反，但不在同一平面上的两个外力的作用，使物体的截面发生相对滑动，称为剪切（见图1－6）。在这种情况下，外力就是剪力，由它引

起物体的变形，就是纯剪切变形，而物体滑动的截面上所引起的内应力，就是剪应力。纯剪切变形只能使物体各截面之间产生相对滑移，而物体本身并不伸长或缩短，即物体的长短无变化。

扭转：扭转的问题比较复杂，为便于说明扭转变形的概念，这里只限于介绍等截面圆杆的扭转问题。在等截面圆杆两端，各作用着一对大小相等，方向相反，又不在同一平面上的力偶时，圆杆就会发生扭转变形，这种扭转不会改变圆杆的长度，也不改变每一个横截面的形状和大小，可以认为圆杆的每个横截面都相当于一个刚性的圆板，在圆杆扭转时每块圆板只是绕着轴线转了一个角度，称为扭转角。因此，在这种情况下，截面上只受剪应力的作用（图 1 — 7 ）。

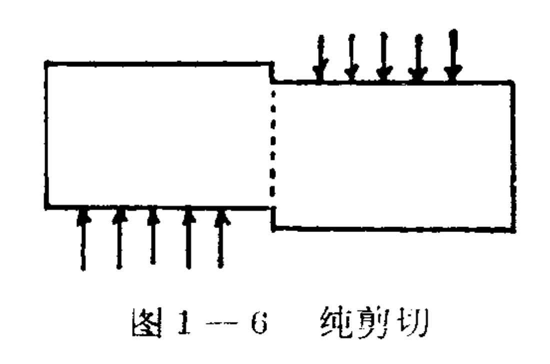


图 1 — 6　纯剪切

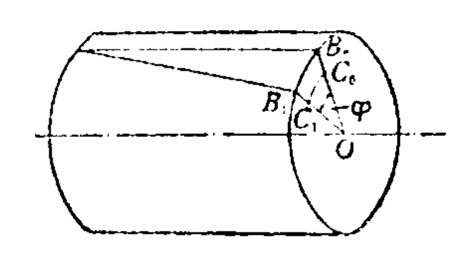


图 1 — 7　扭转变形

弯曲：在等截面圆杆两端各作用着一对大小相等，方向相反，又在同一平面上的力偶时，圆杆就会产生弯曲变形。在另一种情况下，杆件支于两端，在跨中受到与轴线相垂直的外力作用下，也能引起弯曲变形（图 1 — 8 ）。

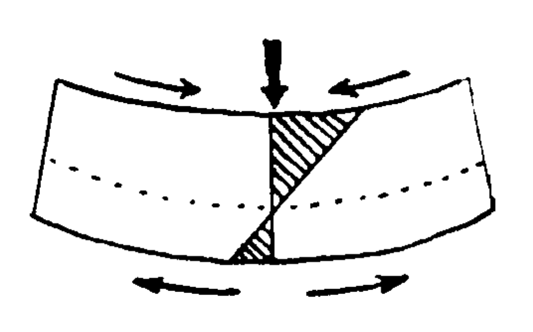


图 1 — 8　弯曲变形

此外，物体还有一种特性叫弹性。弹性是物体在除去外力后能完全恢复原状的性质。具有弹性的物体叫做弹性体。外力不超过某一个限度，物体才表现出弹性，这个限度叫弹性限度。在弹性限度的条件下，物体截面上引起的内应力，称为弹性极限强度。当应力未超过弹性极限强度时，物体所产生的变形是弹性变形，当外力除去后，物体恢复原状。如果应力超过弹性极限强度，物体就产生塑性变形，当外力除去后，这部分塑性变形就会遗留下来。实际上，绝对弹性或绝对塑性的材料都是不存在的，只是材料在开始受力到破坏的全过程中，有的弹性性能较明显些（如砖、石、铸铁等，由于这类材料在很小的变形时就破坏，故又称脆性材料）；有的塑性性能较明显些（如粘土等）；有的前一阶段呈较明显的弹性，后一阶段呈较明显的塑性（如铜、钢等）；也有的弹塑性之间没有明显的界限，几乎从受力开始直到破坏自始至终都伴随着弹性变形和塑性变形（如钢筋混凝土等）。一般来说，脆性材料的抗压能力大于抗拉能力。

强度就是材料抵抗外力破坏的能力。材料抵抗外力破坏作用的最大能力（材料开始破坏时的应力）称为极限强度，其单位是公斤/平方毫米或公斤/平方厘米。几种常用材料在拉伸和压缩时的极限强度近似值见表1—3。外力是拉力时的极限强度，叫做抗拉极限强度，单位是公斤/厘米^2。外力是压力时的极限强度，叫做抗压极限强度，单位是公斤/厘米^2。外力使受力物体产生弯曲时的极限强度，叫做抗弯极限强度，单位是公斤/厘米^2。材料受拉力作用而断裂时，伸长的长度与受力物体原有长度的百分比，叫做延伸率。延伸率是表示材料具有塑性程度的指标之一。延伸率公式是：

表1—3 几种常用材料的极限强度

材料名称	极限强度（kg/cm²）	
	拉伸	压缩
低炭钢	3800—4700	—
灰铸铁	1200—2800	4000—11000
铜	2000—5000	—
松木（顺纹）	800—1000	400—600
花岗石	40—80	1200—2600
砖	—	80—300
混凝土	—	50—350

$$延伸率(\delta)=\frac{试样拉断时的长度-试样原来长度}{试样原来长度}\times 100\%$$

另外，在骨材料试验中，凡与骨长轴向一致的称为纵向；与骨周相切的称切向，或圆周向；由骨断面中心至外周形成放射状的称为放射向，或辐射向（见图1—9）。颅骨则主要有切向和辐射向。

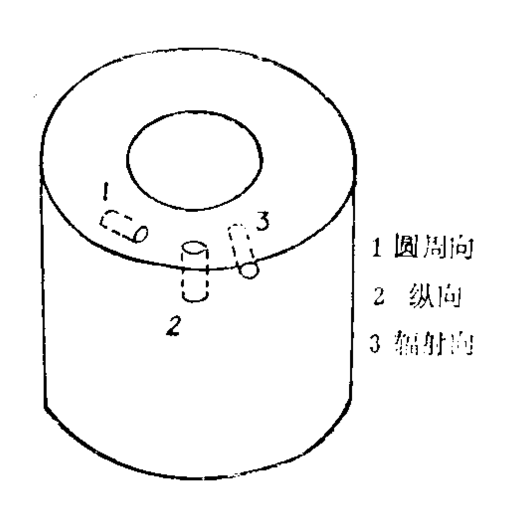


图1—9 长骨截面方位

（二）大体骨骼的结构及其力学性能

这里主要是讨论颅骨和长管骨的力学性能。颅骨系球形的壳体，结构十分严密，分颅盖和颅底两部分。颅盖是由多块扁骨所组成，从剖面来看，可分为三层，内外两层为骨密质，分别称为内板和外板，中间隔有松质，称为板障。外板略厚于内板，能比内板承受更大的负荷。当外力作用于颅盖骨上，在受力的一面（骨板）产生压缩变形，其骨质分子间产生斥力（压应力）；而相反的一面（骨板）则产生拉伸变形，骨质分子间产生引力（拉应力）；中间层没有受到明显的力的作用，不产生明显变形（见图1—10）。板障的疏松组织结构正是适应这种力学要求，既不由于它的疏松而影响颅骨的强度，而且当较强的外力作用于颅骨时，由松质组成的板障骨小梁，首先被挤压变形，延长了外力作用的时间，扩散了承受外力作用的面积，因而在一定程度上分散和缓解了外力的冲击作用，避免外力直接进击内板，从而保护了大脑。同时由于板障密度较小，又减轻了颅骨的重量。

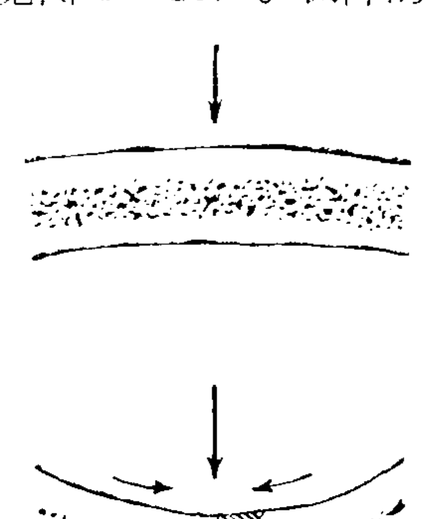


图1—10 扁骨在外力作用下骨外板受压缩，骨内板受拉伸，板障成为中性层

从颅盖骨的整体冠状截面形状来看，呈拱形结构，其颅盖部分较厚。当外力作用于颅盖的某一部位时，作用力可向四周传递，散布在四周颅腔壁上（图

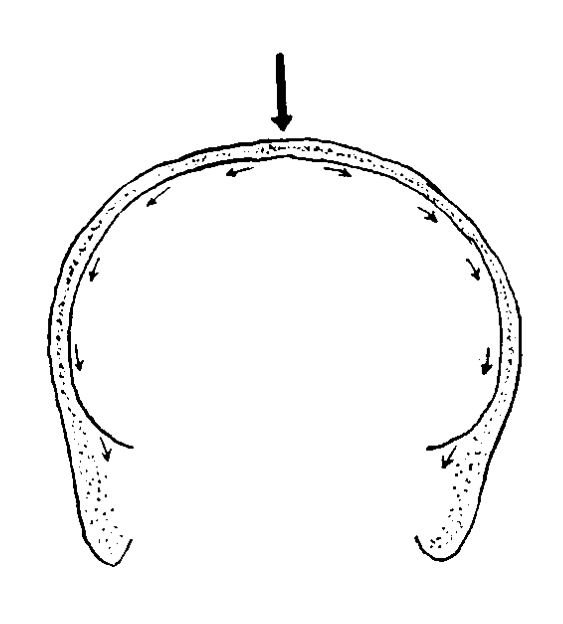


图1—11　颅顶受力，外力被均匀地分散在颅壁上

1—11）。因此，颅骨能承受较大的荷载，而不受到破坏。在实验的基础上有人估算，如果颅盖骨均匀受力，能承受两吨的静荷载。

颅骨又是各向异性的物体，其厚薄不均，内部的细微结构相异，不同部位颅骨的强度也不相同。据我们所统计的华北地区成年人颅盖骨平均厚度如表1—4。

在颅底及颅侧壁，其骨质厚薄差异更大。侧壁由几处坚强增厚的骨柱组成颅骨的“骨框架”。前有眉间至前囟和额骨颧突至颞嵴；后有两侧乳突部和枕外嵴至枕外隆突。在骨柱之间有增厚的骨梁相接，即前方的眶上缘眉弓，两侧的颞线，后方的枕弓。其颅顶由前至后沿矢状窦行走，也有骨质增厚。介于骨柱、骨梁、骨弓之间的骨质则为薄板，使颅盖骨的组成既坚固又轻巧。颅底骨质增厚部分是以枕骨基底部为中心，向四周作轮辐状分布，前为左右的蝶骨小翼，两侧有颞骨岩部，后有枕内嵴的延续部分。由于颅底和颅盖结构上的这些特点，往往使作用于颅骨的外力得到分散和缓解。当颅骨受到破坏时，首先累及骨质薄弱部位，因而出现的骨折线也带有一定的规律性（图1—12）。

表1—4　颅盖各骨的平均厚度及95％置信限

名称	样本数	方位	均值	标准差	最小值	最大值	95％置信限N≥30	
							下　限	上　限
1	2	3	4	5	6	7	8	9
额骨鳞部	54	左	4.87	0.90	2.77	7.50	4.63	5.11
		右	4.80	0.94	2.93	7.18	4.54	5.05
		合	4.83	0.91	2.85	7.34	4.59	5.08
顶骨	54	左	4.87	1.17	1.65	7.85	4.55	5.18
		右	4.74	1.17	1.79	7.57	4.42	5.05
		合	4.80	1.15	1.72	7.71	4.49	5.11
枕骨鳞部	54	左	5.73	1.12	3.43	8.14	5.43	6.03
		右	5.74	1.10	3.34	7.90	5.44	6.03
		合	5.73	1.10	3.39	8.02	5.44	6.03
颞骨鳞部	54	左	2.94	0.76	1.67	5.77	2.73	3.14
		右	3.00	0.75	1.30	5.03	2.80	3.21
		合	2.97	0.71	1.53	5.40	2.78	3.16

单位：毫米

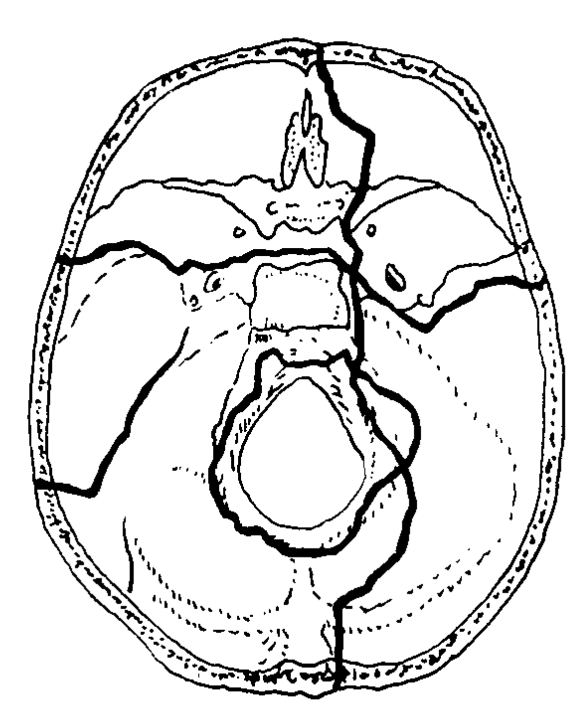
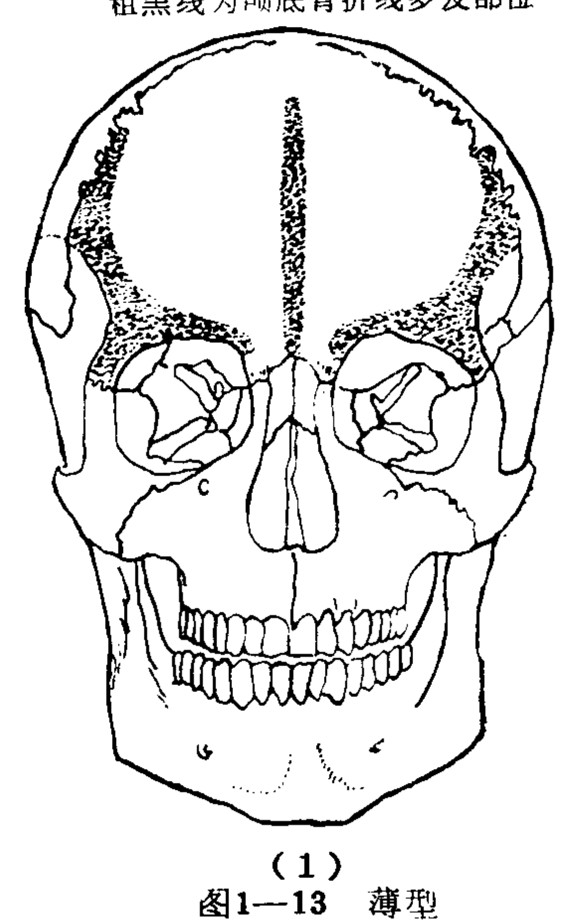


图 1 —12　颅底骨折多发部位
粗黑线为颅底骨折线多发部位



（1）
图1—13　薄型

正常人颅盖骨的厚薄情况可分为四种类型：

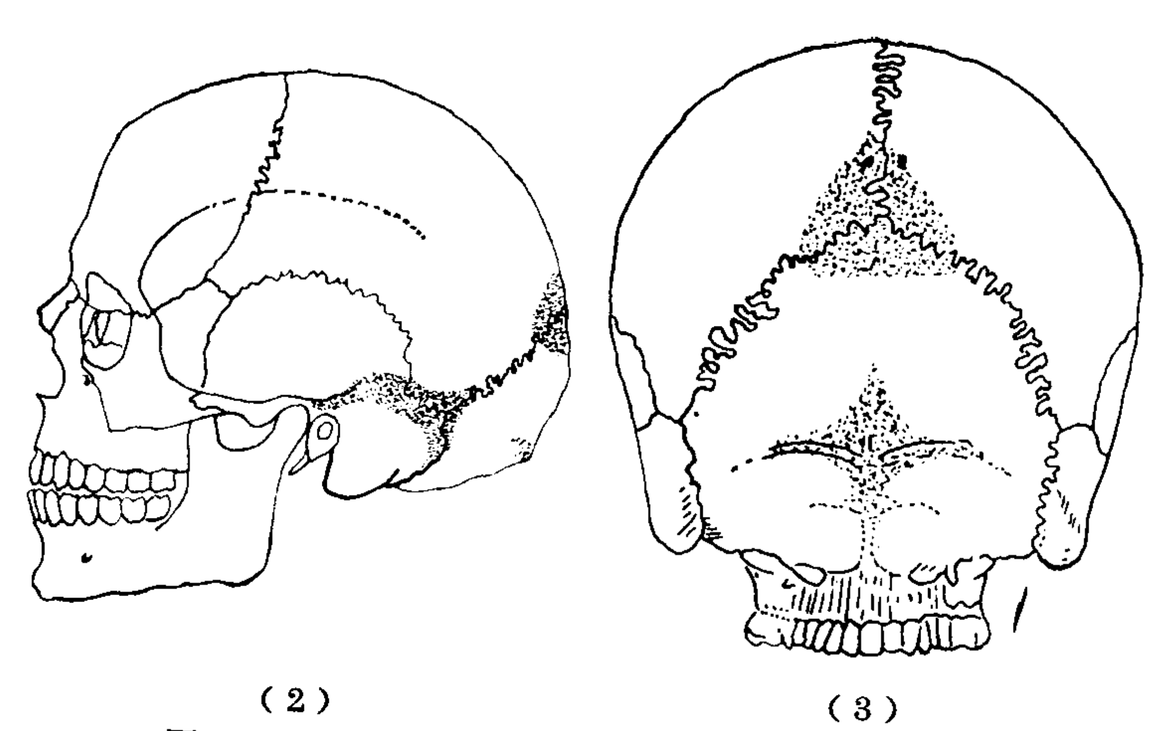
薄型——颅壁骨质薄而均匀，透光度好，仅额骨颧突、额鳞正中缝、枕骨矢状沟和横沟部位略厚。这种类型约占正常人头骨的35%；

厚顶型——顶骨上半部，即沿矢状沟两侧骨质增厚，而且延续到枕鳞和额鳞上半部，两侧颅壁较薄。此类约占37%；

厚枕型——枕骨鳞部明显厚于其它部位。这种类型约占 7 %；

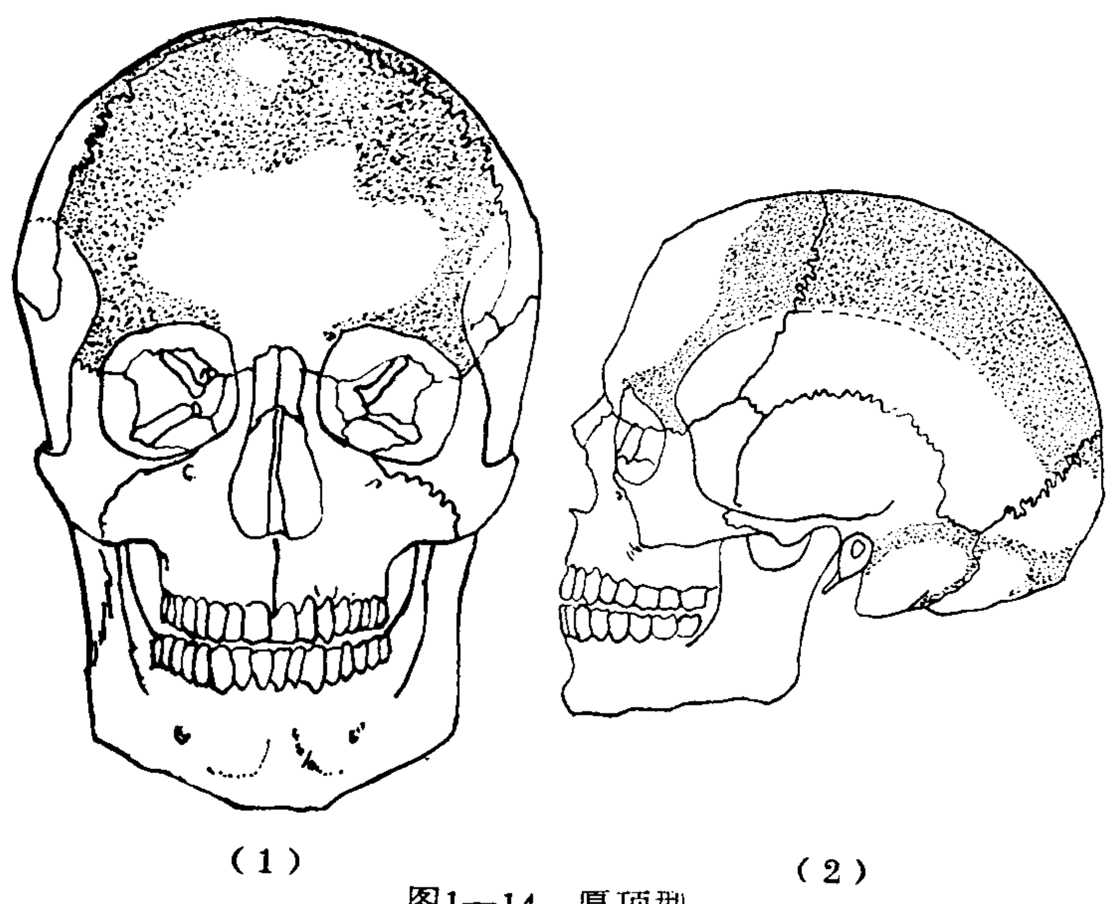
中间型——介于上述类型之间，厚薄不均，透光检查时，阴影呈散在性分布，尤以枕鳞十字型阴影和人字点部位较厚。此类型约占21%。

各种类型颅骨增厚部（阴影）分布情况见下列各图（图 1 —13，14，15，16）。



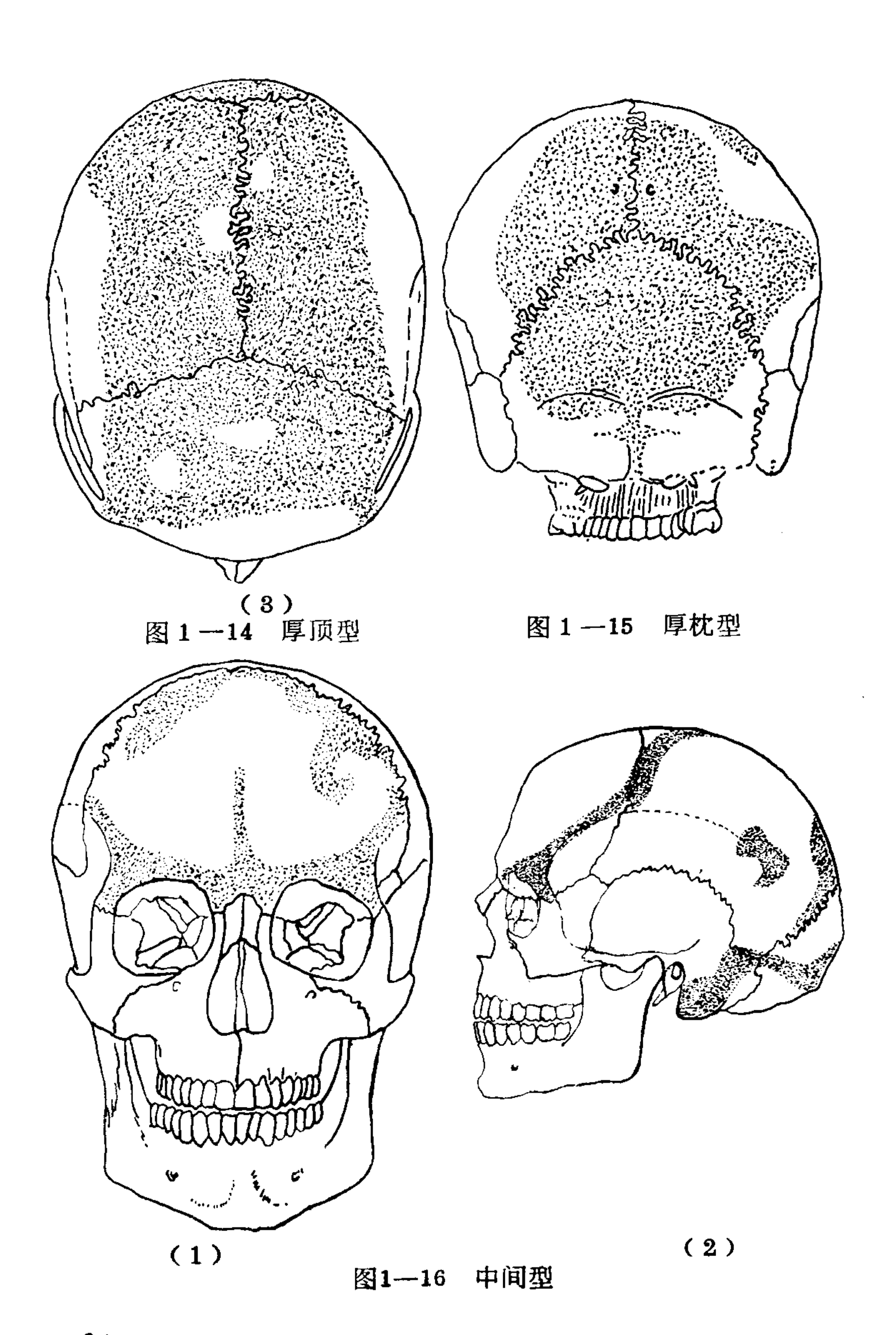
（2）　　（3）

图 1—13　薄型（黑色阴影表示该处骨质增厚）



（1）　　（2）

图1—14　厚顶型



（3）

图1—14 厚顶型

图1—15 厚枕型

（1）

（2）

图1—16 中间型

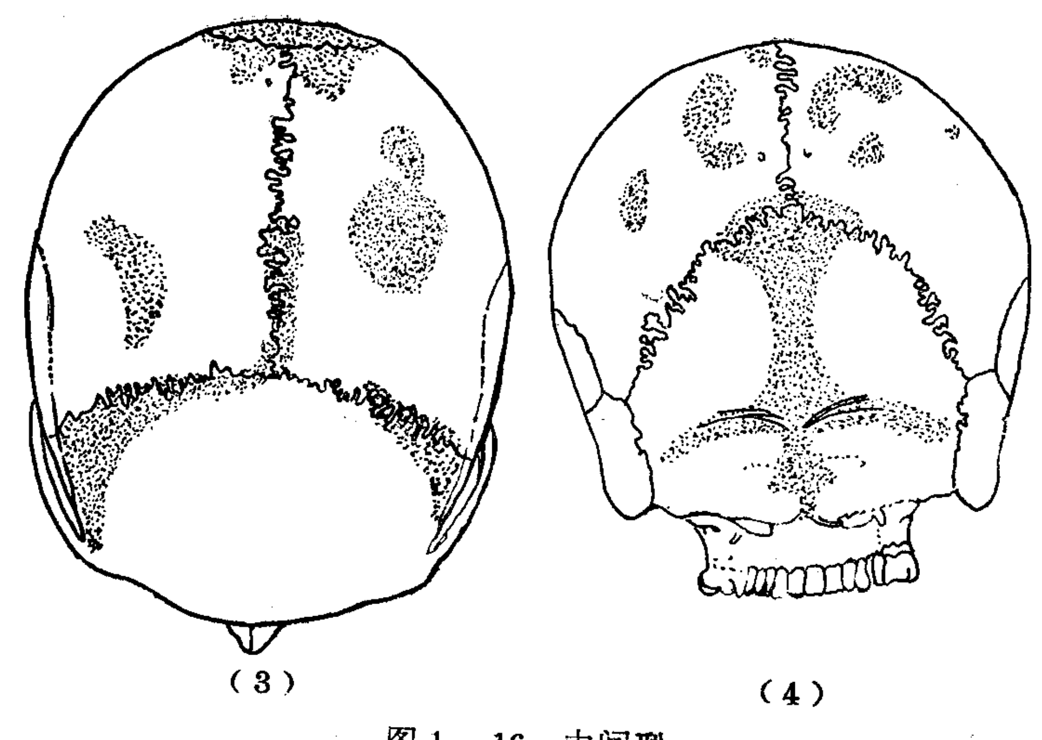


图1—16　中间型

此外，颅骨的厚薄还受脑沟、脑回及颅内血管、蛛网膜颗粒的影响，而改变骨表面形状，出现沟、凹、槽、嵴等。

长骨的结构与颅骨不同，它是两端大、中部细的柱状，两端肥大称为骺，中部较细称为骨干。骨干的腔壁和骺的表面由坚硬的骨密质所组成，其内部骨质构造疏松，系海绵状骨小梁组成。各种骨的疏松骨组织厚薄及骨小梁的排列方向有所不同，但压力曲线（主压应力线）和张力曲线（主拉应力线）大体一致（图1—17）。

骨骼的构造与其功能相关。骨骺端发育肥大是适应承载功能的需要，以利骨骼两端传递压力时能有较大的面积与邻近骨端相接壤，这样就相对地减少了骨关节单位接触面积上所承受的应力（拉应力或压应力），同时也可避免骨端磨损，并能使荷载均匀地传递到骨干。

骨干部位密质增厚而坚强，能承受很大的压力，不受破坏。骨干除了承重外，还受到较强的扭转力，骨干（近似圆轴）受扭转作用，所产生的剪应力随着对圆心的距离的增加而增大，最大的剪应力分布在圆的外周缘，相应该处的骨板最厚而致密；圆的内部剪应力较小，圆心处则为零，该处骨质相应地变为疏松而出现空腔（图 1 —18）。

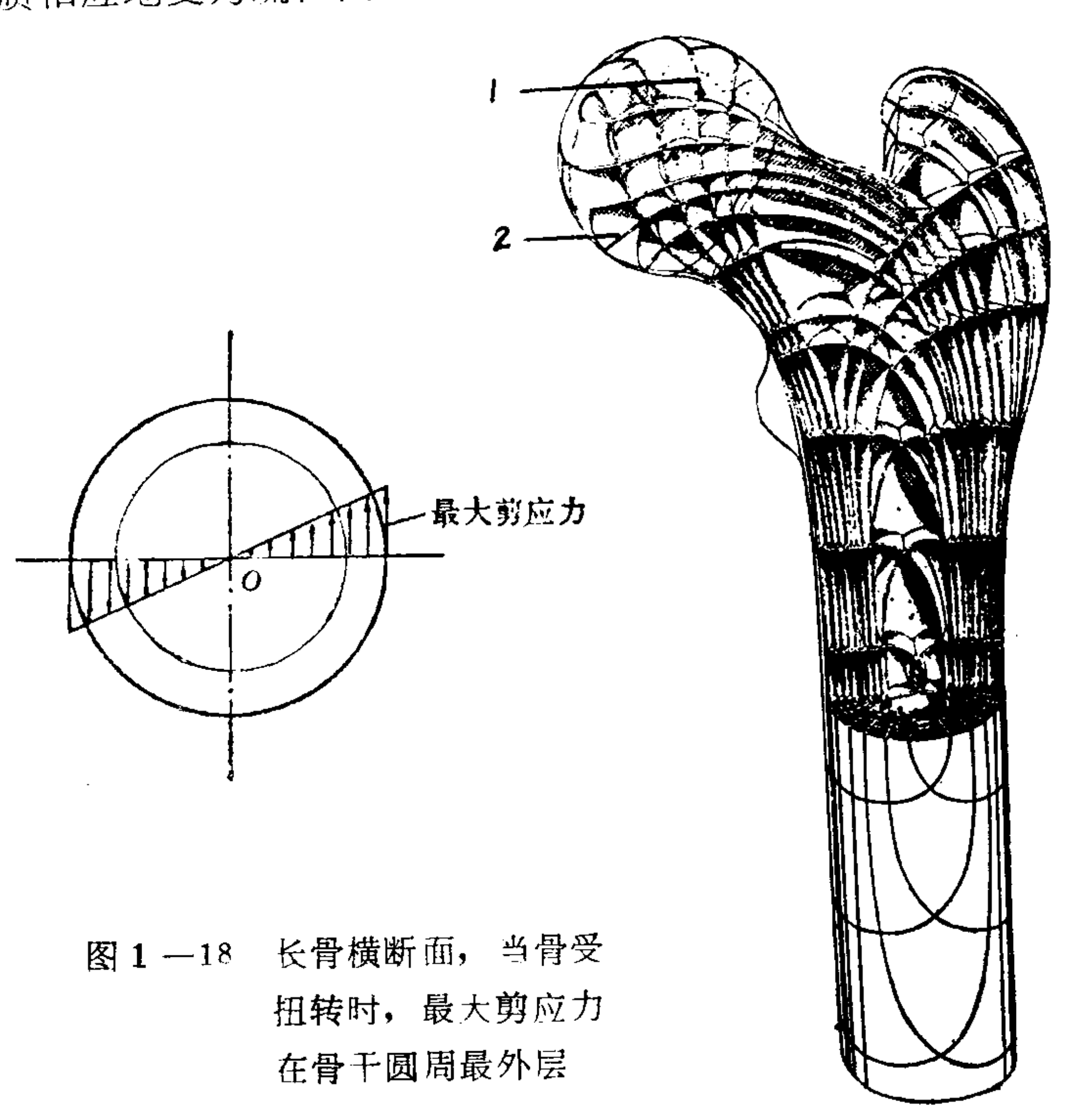


图 1 —18　长骨横断面，当骨受扭转时，最大剪应力在骨干圆周最外层

图 1 —17　股骨剖面结构图

1 为压力曲线（主压应力线）

2 为张力曲线（主拉应力线）

骨骼除了受到压力、扭转力外，还有拉应力和剪切应力等作用。长管骨抗压能力最强。

颅骨不但能适应人们一般生活、活动所能承受的荷载，而且有较大的强度安全系数。据研究，最大厚度五毫米，最小厚度一点五毫米的女性颅盖骨，如果在顶部施力，则压力达 800 公斤时才开始破坏。成人颅盖骨能承受的最大荷载（均匀施压）在1200—1800公斤或更多。

同样，长骨也有较大的强度安全系数。以胫骨为例，通常施于胫骨的人体重量在50—80公斤之间，但实际上胫骨却能承受1500—3000公斤的压力，而不出现损伤。

因此，造成颅骨和长骨骨折，通常只发生在撞击情况下，产生比人体静荷载常量高十几到几十倍能量时才有可能。

（三）骨组织显微结构对骨力学性能的影响

骨的显微构造与骨质负荷的方式有密切关系。在长管骨中，哈佛氏管排列方向是与骨的纵轴相平行的。外环骨板和内环骨板如坚强的夹板，在承受负荷时能加强骨质的强度，同时起到限制骨单位错位的作用。

有人在研究股骨密质骨的弯曲破坏负荷与骨孔隙度之间的关系时发现，从骨干中部至两端，其破坏负荷是逐渐下降的，而孔隙度则逐渐增加。

许多实验证明，骨单位及其碎块愈多，粘合物质总量愈大，则拉伸强度及弹性模量愈低。小的骨单位及其碎块之所以降低了骨的拉伸强度及弹性模量，同骨单位之间的粘合线有关。粘合线是骨头中最薄弱的物质，而骨折时，骨质的破坏最先发生在粘合线。腓骨由于有较少的骨单位及碎块，因

而其粘合线也少，其拉伸强度随之要比股骨为高。

未成熟的骨单位有较大的中心孔腔（哈佛氏管），因此减少了单位体积内的实际骨质数，而且新形成的骨单位未完全钙化，因此其强度比周围旧有骨单位为弱。

对骨单位及主要骨板的显微硬度试验表明，年龄较大的骨骼，其显微硬度比年龄轻的骨骼为大，老年骨的显微硬度为85公斤/平方毫米，年轻骨为69公斤/平方毫米，这种硬度变化与骨质的钙化程度是一致的。

为了进一步研究骨显微结构对骨力学性能的影响，对受力破坏的骨截面上的骨单位、骨单位碎块及间骨板等进行了组织学成分分析〔注〕试验结果证明，股骨、胫骨及腓骨之间有一系列差异，差别在1％左右：

〔注〕骨组织学成份分析，是指一九五八年伊凡斯对骨试样的组织结构采用照相重量法所进行的分析。方法是将已知力学性能的密质骨标准试样，在紧靠骨折部位拍摄截面的显微照相，并放大成标准尺寸，然后将其放在已知重量的纸上，将截面显微照相仔细切下，称重并测定其面积，这称作原始破坏面积，相当于在测定试样力学强度时所测得的破坏面积。原始破坏面积未考虑骨试样边缘的不规则性和试样中的孔腔（如哈佛氏管、伏氏管及其它空隙等），因此，需要将骨试样显微照相中的孔腔去掉，称重并测定其面积，从原始破坏面积中扣除，所得到的便是“实际破坏面积”。弗劳斯特（Frost）认为孔腔约占人长骨密质骨截面积的2.28％。

1）在股骨截面上，骨单位及骨单位碎块实际破坏面积所占的比例，要比胫骨截面上的大；

2）在胫骨截面上，间骨板实际破坏面积所占的比例，要比股骨截面上的大；

3）在股骨截面上，每平方毫米面积上的骨单位数，以及骨单位实际破坏面积所占的比例，要比腓骨截面上的大；

4）在腓骨截面上，间骨板实际破坏面积所占的比例，要比股骨截面上的大；

5）在胫骨截面上，每平方毫米面积上的骨单位数，以及骨单位实际破坏面积所占的比例，要比腓骨截面上的大；

6）腓骨截面比胫骨截面有更多的骨单位碎块数。

根据骨截面组织学成份与力学性能之间的相互关系，得知骨的最大拉伸强度与间骨板在实际破坏面积中所占的百分数成正比；骨的硬度与每平方毫米的骨单位数及骨单位实际破坏面积所占百分数成正比；而最大拉伸强度与骨单位形成的实际破坏面积比例之间、纯剪力强度与骨单位碎块的平均面积之比、硬度与孔隙在破坏面积中所占比例之间都呈反比关系。此外，弹性模量与骨单位的平均面积之间、弹性模量与孔隙在破坏面积中所占比例之间，也呈反比关系。

这说明骨单位及骨单位碎块可降低骨的拉伸强度及弹性模量，而间骨板则能够增加骨质的拉伸强度及弹性模量。存在于骨单位周围的粘合线及粘合线遗迹，也降低骨质的强度。同时，通过未脱钙骨的干燥试验，证明围绕骨单位的粘合线及哈佛氏系统骨板之间的平面构造是较薄弱的部位，在外力作用下，紧靠骨单位的粘合线最先发生骨折。

骨胶纤维对骨的力学性能也有很大影响。实验表明，与骨长轴纵向相割的样本，其骨折负荷要比切线向相割的大两倍，比与骨长轴辐射向相割的样本大五倍。切线向相割的样本，其强度比辐射向相割的样本大一倍。主要原因是在纵向样本中，骨胶纤维平行于样本长轴；而在最弱的辐射向样本

中，只有少数骨胶纤维是沿着样本的纵轴方向的。因此可以认为：1）密质骨抗弯曲破坏的能力，直接与骨断面中骨胶纤维的数量成正比；2）纤维间钙化物质的粘聚力，至少比骨胶纤维的粘聚力低80%；3）骨胶纤维的方向和分布状况造成骨力学性能上的各方异性。一般来说，骨的弹性模量随抗破坏强度的增加而增加，因为骨的力学性能取决于骨胶纤维的质量和排列方向。

不同骨骼内，骨胶纤维的排列方向也有不同。如腓骨中骨胶纤维的排列方向与骨长轴一致；而股骨中的骨胶纤维则倾斜排列。因而腓骨抗拉伸的强度大于股骨。

通过偏振光研究成人股骨干的骨单位的压力性能（纵向压力），可以把骨单位分成亮的、中等、暗的三种。亮的骨单位中，骨胶纤维在相接骨板中具有明显的横向螺旋形走向；中等亮度的骨单位中，一块骨板的骨胶纤维排列方向，与紧靠的另一块骨板的骨胶纤维排列方向呈90°角左右；暗的骨单位中，其骨胶纤维在相邻骨板中有明显的纵向螺旋线。压力强度极限以亮的骨单位为最大，暗的骨单位最小，中等亮度的居中。在三种类型的骨单位中，轻度钙化的骨单位，其弹性模量较低，应力——应变曲线与完全钙化骨单位的应力——应变曲线有明显的差别。骨单位的骨折是由于剪力引起的，开始出现显微裂缝。不论何种类型的骨单位，其裂缝的位置与骨单位的长轴成30°—35°角。根据电子显微镜观察的结果，在裂缝的边缘，出现晶体变形及骨胶纤维断裂。

亮的骨单位与抗剪极限强度之间存在明显的反比关系；暗的骨单位则与抗剪极限强度成正比关系（表1—5）。

表1—5 防腐骨截面中不同类型骨单位实际破坏面积所占百分比与力学性能之间的相关系数

骨单位类型	弹性模量	最大拉伸强度	延伸率(%)	抗剪极限强度
亮的	-0.315	-0.052	-0.085	-0.474
中等亮度的	0.329	0.283	0.313	0.408
暗的	0.262	0.004	-0.025	0.507

中等亮度骨单位与抗剪强度之间具有明显的正比关系。

不同类型骨单位实际破坏面积所占百分比有明显的差别，暗的骨单位实际破坏面积所占百分比愈大，其抗拉极限强度及应变量（延伸率%）愈高；亮的骨单位其结果相反；中等亮度的骨单位，其破坏面积所占百分比对延伸率没有影响。

骨主要是由抗压极限强度较高、抗拉极限强度较低的矿物质，及抗压极限强度较低、抗拉极限强度较高的蛋白（骨胶纤维）所组成。两者的力学性能悬殊，组合后形成更强的两相物质。此时，骨的蛋白（骨胶纤维）和矿物质（羟基磷灰石）组合一体，分别承受拉应力和压应力，犹如建筑构件中钢筋和混凝土的组合关系一样。

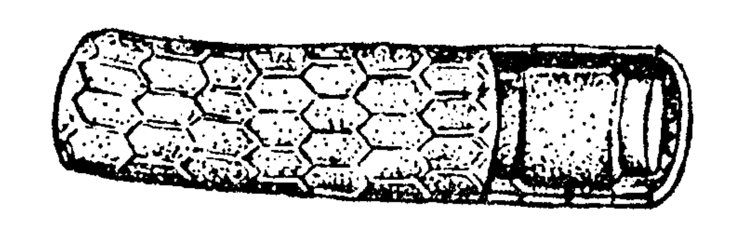


图1—19 一条骨胶纤维及其表面的羟基磷灰石结晶的模式图

骨胶纤维不会钙化，羟基磷灰石结晶体借吸附力联结于骨胶纤维表面（图1—19）。骨胶纤维与基质一起

发挥作用，是受拉力的主要物质（表1—6）。

表1—6　在极限受力条件下骨内不同预应力对磷灰石和胶原纤维受力情况的影响（“+”表示压应力，“-”表示拉应力）

骨试样极限强度 (kg/mm²)		预应力值 (kg/mm²)	磷灰石中的应力 (kg/mm²)	胶原纤维中的应力 (kg/mm²)
抗压极限强度	17.58	0	+ 32.79	+ 2.63
		3.52	+ 36.20	- 1.15
		7.03	+ 39.82	- 4.67
		10.55	+ 43.33	- 8.18
		14.06	+ 46.85	- 11.70
抗拉极限强度	10.55	0	19.67	- 1.42
		3.52	- 16.15	- 4.94
		7.03	- 12.64	- 8.45
		10.55	- 9.12	- 11.97
		14.06	- 5.61	- 15.48

骨组织内的血管对骨的力学性能也产生影响。有些骨骼其截面的血管排列均匀，管径很一致，有些部位则从骨膜到骨内膜之间，血管有明显的增加。血管出现率较高之骨，其弯曲时的极限挠度比拉伸时的延伸率更大些。

（四）年龄、性别、种族和种属对骨力学性能的影响

1.年龄的影响

抗拉极限强度——密质骨的拉伸性能有年龄差别。20—

29岁成人的平均抗拉极限强度最大，以后逐渐下降，60岁时最小，此后不再变化（见表1—10）。

未防腐婴儿、儿童及成人股骨湿密质骨的平均抗拉极限强度和弹性模量见表1—7。10—19岁人的平均抗拉极限强度虽然低于20—39岁组，但超过40岁人的平均抗拉极限强度。10—19岁组的延伸率最大，以后逐渐下降，60—79岁组最低。

表1—7 未防腐婴儿、儿童、成人湿股骨密质骨平均抗拉极限强度和弹性模量

性能	新生婴儿（6个月）	儿童（14岁男）	成人
抗拉极限强度（kg/mm²）	10.0	17.63	12.4
抗拉极限应变（伸长%）	1.85	1.92	1.41
弹性模量（kg/mm²）	1.012	2.245	1.760

经防腐处理密质骨的平均抗拉极限强度0—19岁组最低，其值为零。20—39岁组最大，以后逐渐下降，80—99岁组略高于0—19岁组（表1—8）。

延伸率（%）在20—39岁组最高，0—19岁第二，40—59岁第三，80—99岁第四，60—79岁第五。抗拉弹性模量最大为20—39岁，80—99岁为最小。

表面硬度——骨骼的表面硬度和年龄关系比较密切。未成年人骨的洛氏（Rockwell）表面硬度，幼年时较小，以后随年龄增长，硬度逐渐提高，到20—39岁青壮年时期，硬度最大，随后逐渐下降，到80—99岁老年时硬度又降低。青壮年骨的表面硬度比老年大1%或更多。

抗压极限强度——抗压极限强度与年龄有密切的关系，成年以后，骨骼抗压极限强度随着年龄的增长而下降。年龄大的组，其平均抗压极限强度要比年轻组为低。

也有的试验报告中指出20—39岁的新鲜湿密质骨的平均抗压极限强度最大，此后不断下降，到60—69岁为最低。压力应变也随年龄逐渐下降，最大在20—29岁，最小在60—69岁。

抗弯极限强度——肱骨、股骨、胫骨新鲜密质骨的抗弯极限强度在24—32岁为最大，此后下降，到70—80岁时最小（表1—9）。

对成年人新鲜湿密质骨的试验表明，抗弯极限强度在20—39岁时最大，在60—79岁时最小（见表1—10）。10—19岁的平均抗弯极限强度超过60岁人的平均抗弯极限强度，弯曲时的极限挠度在10—19岁时最高，此后不断下降，60岁以后最小。

表1—8 不同年龄组防腐湿股骨致密骨平均抗拉极限强度值

力学性能	试样数	0—19岁	试样数	20—39岁	试样数	40—59岁	试样数	60—79岁	试样数	80—99岁
抗拉极限强度（平行于骨长轴）kg/mm²	6	5.09±0.59	51	9.26±1.77	87	8.72±1.38	209	7.66±1.795	47	7.27±2.73
延伸率%	6	1.66±0.98	51	1.92±0.80	83	1.48±0.66	175	1.32±0.57	47	1.39±0.55

表1—9 新鲜人骨抗弯极限强度（kg/mm²）的年龄、性别差异

年 龄（岁）	肱 骨	股 骨	胫 骨
男			
5.5	—	13.90	—
18	13.80	17.50	15.40
24	16.80	19.40	15.00
32（右）	18.90	19.40	18.10
32（左）	18.00	19.40	19.80
38	12.90	—	16.40
49	15.90	16.80	17.30
62（右）	—	15.00	—
62（左）	—	14.80	—
75	14.50	15.80	14.50
78	11.60	16.30	15.90
女			
18（右）	16.80	—	—
18（左）	16.20	—	—
20	14.30	15.80	18.30
24	16.30	17.30	18.40
32	16.70	17.20	19.10
51	14.30	16.00	14.90
74	10.40	14.80	13.20
82	10.90	13.30	13.80

表1—10 不同年龄日本人新鲜湿密

性　　能	10—19岁	20—29岁	30—39岁
抗拉极限强度	11.6±0.15	12.5±0.10	12.2±0.19
延伸率	1.48	1.44±0.007	1.38±0.014
抗压极限强度	—	17.0±0.44	17.0±0.42
压缩率	—	1.9±0.07	1.8±0.02
扭转弹性模量	—	350	350
•扭转强度	—	5.82±0.11	5.82±0.11
扭转变形	0.028±0.0009	0.028±0.0009	0.025±0.0005
抗弯极限强度	15.4	17.7±1.1	17.7±1.1
弯曲时极限挠度	0.086	0.075±0.0041	0.066±0.0054
开裂强度	—	9.0（估计）	8.8±0.44
Rockwell硬度	—	49±0.3	45±0.5

• 扭转强度系指扭转时的抗剪极限强度。

质骨力学性能的平均值（1970）

40—49岁	50—59岁	60—69岁	70—79岁	单 位
11.4±0.25	9.5±0.14	8.8±0.24	8.8±0.24	kg/mm^2
1.31±0.027	1.28±0.015	1.26±0.005	1.26±0.005	%
16.4±0.37	15.8±0.44	14.8±0.23	—	kg/mm^2
1.8±0.02	1.8±0.02	1.8±0.02	—	%
320	320	300	300	kg/mm^2
5.37±0.05	5.37±0.05	4.96±0.12	4.96±0.12	kg/mm^2
0.025±0.0005	0.027±0.0010	0.027±0.0010	0.027±0.0010	mm
16.5±2.1	15.7±2.0	14.2±2.9	14.2±2.9	kg/mm^2
0.062±0.0070	0.062±0.0070	0.053±0.0045	0.053±0.0045	mm
8.6±0.20	—	8.2±0.10	8.2±0.13	kg/mm^2
43±0.4	39±0.8	34±0.7	32±1.0	

*扭转时的强度：*在极限受力条件下，骨的抗扭转性能是用抗剪极限强度来表示的。20—39岁人骨在扭转时的抗剪极限强度最大，以后下降，60—79岁最小（见表1—10）。扭转时的变形（扭转角）在10—29岁最大，30—49岁最小，此后又稍有增高。扭转弹性模量（即抗剪弹性模量）以20—39岁为最高，40—59岁下降，60—79岁最低。承受破坏的能力以22岁为最高，55岁最低。此后，到60岁前承受破坏的能力又增高。

*骨质密度的差异：*男人约在50岁时其股骨和肱骨的平均骨质密度明显增加（1%）；女人随年龄稍有下降（图1—20）

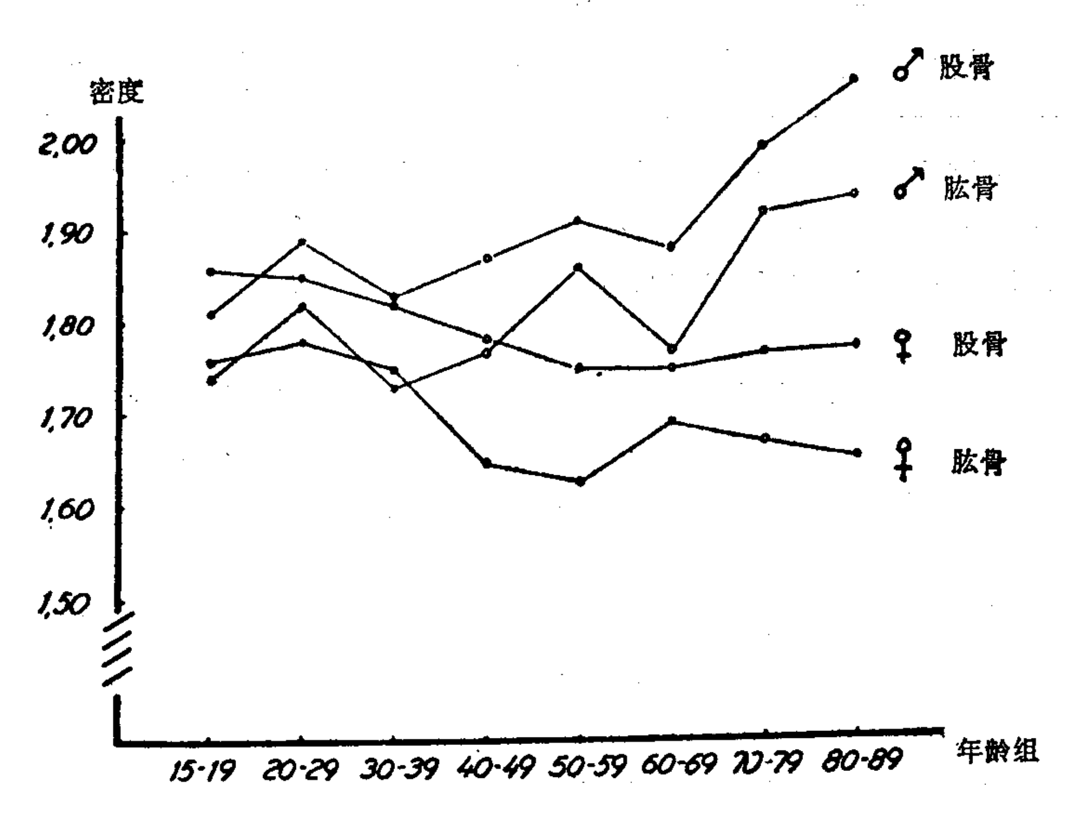


图1—20　男女股骨、肱骨的平均密度随年龄的变化

同时，男女股骨和肱骨的平均直径随着年龄增加0.1%；30—39岁以后，两种骨的平均截面积趋于下降，在男性中下降约1%。

2.性别的影响

拉伸性能的差异：对成人男女肱骨、股骨密质骨研究的结果，抗拉极限强度没有明显的性别差异，延伸率也没有显著差别（表1—11）。

表1—11 新鲜潮湿密质骨抗拉及抗压性能的性别差异

性能	男		女	
	股骨	肱骨	股骨	肱骨
受拉				
抗拉极限强度 (kg/mm²)	14.1±0.2	14.9±0.2	13.4±0.3	15.1±0.5
延伸率（%）	2.0±0.1	2.2±0.1	1.8±0.1	1.9±0.1
弹性模量（kg/mm²）	1520±30	1560±30	1500±40	1610±80
受压				
抗压极限强度 (kg/mm²)	19.7±0.3	18.8±0.4	18.3±0.4	19.1±0.3
压缩率（%）	5.3±0.5	4.5±0.3	4.3±0.2	3.9±0.2
弹性模量（kg/mm²）	1050±60	1100±50	1070±50	1200±70

美国白种人防腐女性胫骨的延伸率比男性大1%或更多，但男性胫骨的弹性模量比女性高（男性为$1870kg/mm^2$，女性为$1430kg/mm^2$），防腐湿股骨的拉伸性能为：男性平均抗拉极限强度$8.3kg/mm^2$，弹性模量$1500kg/mm^2$；女性平均抗拉极限强度$7.4kg/mm^2$，弹性模量$1330kg/mm^2$。

压缩性能的差异：男性股骨密质骨的抗压极限强度比女性大1%；弹性模量没有性别差异。

弯曲和扭转性能的差异：密质骨弯曲性能没有明显的性别差异，但女性骨扭转时的抗剪极限强度比男性骨为低。

疏松骨的差异：对新鲜椎骨的拉、压、扭转性能进行试验的结果，发现不仅抗拉极限强度、抗压极限强度、扭转时的抗剪极限强度没有明显的性别差异，而且延伸率以及压缩率也没有性别差异。有人提出，女性新鲜椎骨和跟骨的平均抗压极限强度以及灰重都低于男性的椎骨和跟骨（表1—12）。

〔注〕本书所用骨骼硬度数据都来自美国和日本材料，硬度数值两者有差别。美国研究人员试验所得的骨硬度值，比日本研究人员所得的数据为低，其差异的原因是：1.日本采用洛氏硬度试验机，美国采用洛氏表面硬度试验机；美国、日本都使用试验机的B标度，但表面硬度试验机是测定紧靠骨骼表面层的硬度，其工作原理同常规洛氏试验机相同，但表面硬度试验机用较轻荷载（美国试验中使用45公斤），测量系统灵敏度亦较高。2.美国的骨试样在试验前贮存于自来水中，因此，可能比日本的骨试样更潮湿。3.由于自来水未经校正酸碱度，美国试样中的钙可能已部分脱去。4.美国试样为白色人种，日本试样为日本人种，因此，种类差异可能性也是存在的。

表1—12 新鲜人第3腰椎骨和跟骨的平均抗压极限强度 (kg/mm^2) 及灰重 (g/cm^3)

名　　称	全部例数	男	女	50岁或50岁以下	超过50岁
椎骨强度	0.316	0.343	0.286	0.434	0.259
跟骨强度	0.376	0.407	0.333	0.398	0.362
椎骨灰重	0.128	0.136	0.120	0.153	0.116
跟骨灰重	0.186	0.195	0.173	0.189	0.184

3.种族的影响

有关人骨力学性能的种族差异资料，报导很少，但根据现有资料来看，其差异是存在的。据报导，新鲜日本成人肱骨、股骨、胫骨、腓骨的纵向抗拉极限强度平均值，都高于非日本人的试样（见表1—13）。

美国黑人男性骨的延伸率及弹性模量也比日本人骨试样为低。

成年白种人防腐密质骨的抗拉极限强度、延伸率、弹性模量、抗剪极限强度、密度都比黑人男性骨为高。黑人女性骨的抗拉极限强度、弹性模量则比白种人要高些。

4.种属的影响

人骨的平均抗拉极限强度超过其它动物。其它哺乳动物的股骨平均抗压极限强度比人骨要低得多（图1—21），但人骨的平均弹性模量及压缩率同其它哺乳动物相比则居中等（图1—22）。潮湿的人密质骨平均压力弹性模量为1450±

表1—13　成人湿密质骨力学性能及成人干燥密质骨密度的种族差异

种族及骨名	抗拉极限强度（kg/mm^2）	抗剪极限强度（kg/mm^2）	延伸率（%）	弹性模量（kg/mm^2）	硬度（洛氏）	密度（g/cm^3）
美国白人（男）防腐胫骨	9.90±1.57	8.13±1.04	1.54±0.76	1862±422	14.46±10.63	1.96±0.07
美国白人（男）防腐胫骨	9.34±2.78	—	1.94±0.96	1430±335	—	—
美黑人（男）防腐胫骨	8.50±0.89	7.95±0.64	1.43±0.58	1770±280	7.13±7.97	1.83±0.10
美黑人（女）防腐胫骨	10.14±0.86	—	1.16±0.28	1900±333	—	—
日本人未防腐胫骨	14.32±1.20	8.20±1.90	1.50	1832	—	—

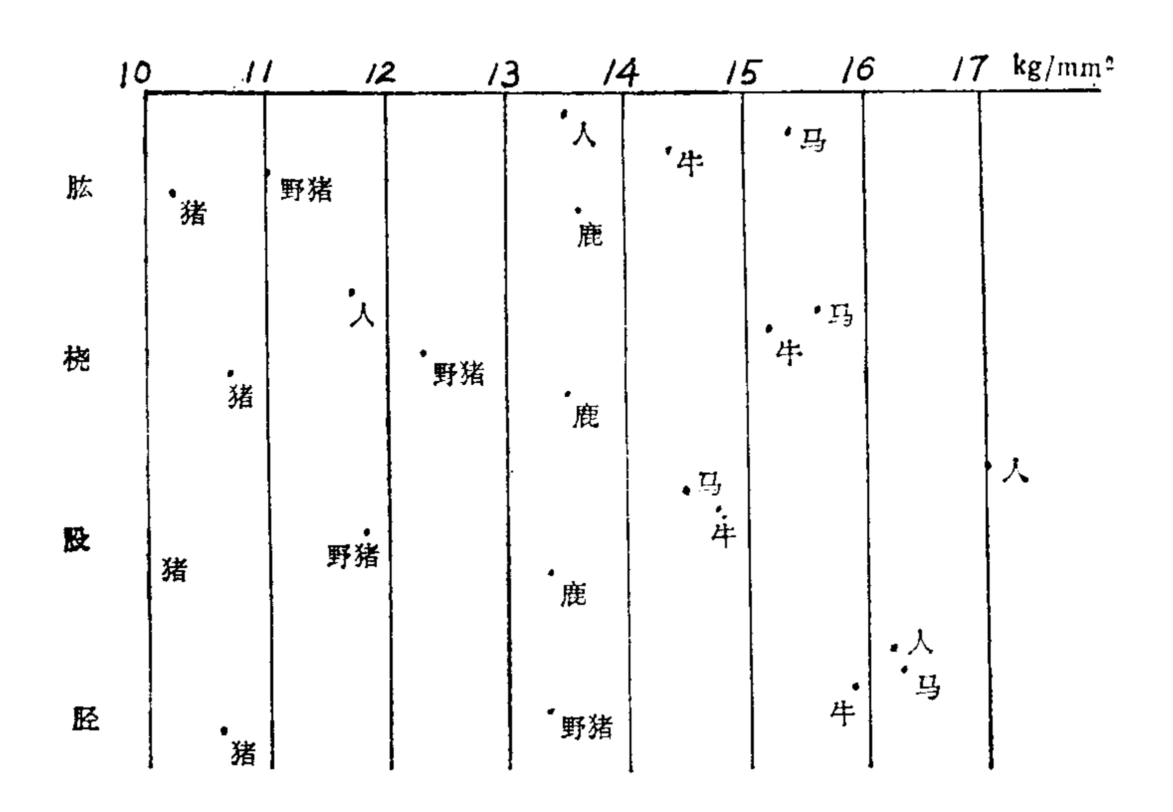


图 1—21　未防腐湿致密骨纵向平均抗压极限强度的种属差异

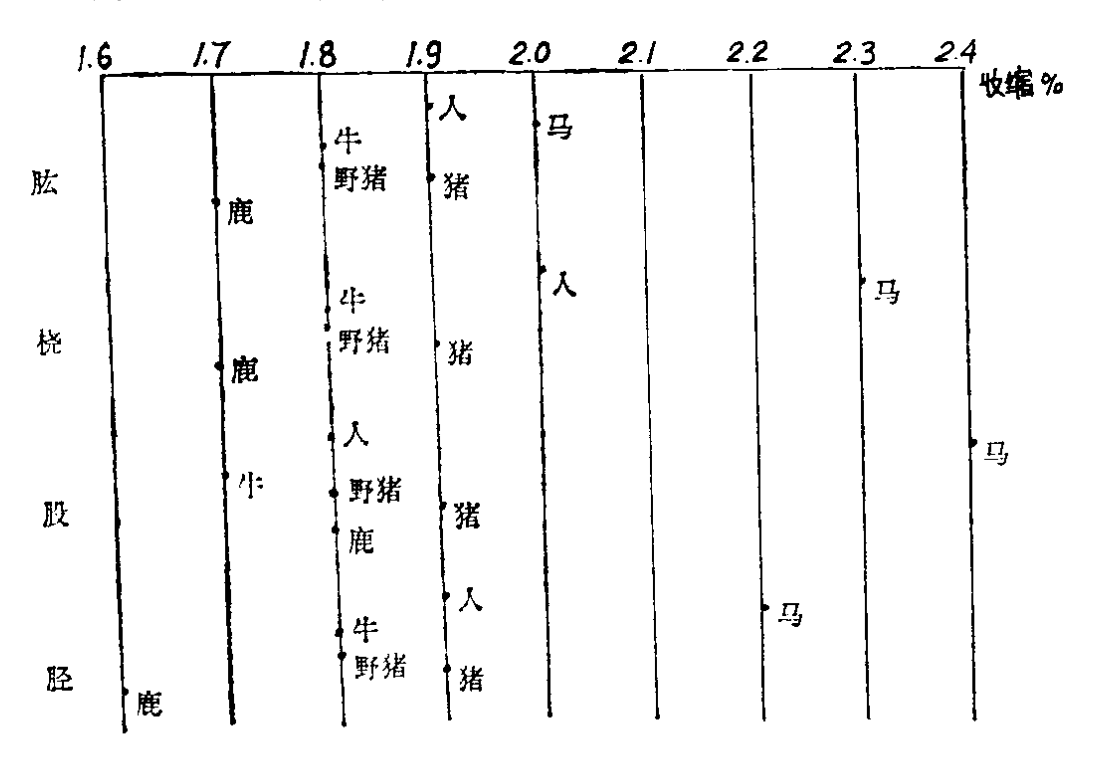


图 1—22　未防腐湿致密骨纵轴平均压缩率的种属差异

820公斤力/mm²，比其它哺乳动物高很多（图1—23）。马或牛骨的抗拉弹性模量最高。马的肱骨、桡骨、胫骨的抗压极限强度也最高。马的各种骨的压缩率最高。猪骨平均抗拉极限强度和抗压极限强度最低（图1—24）。猪或野猪的抗拉弹性模量最低。鹿和牛骨的压缩率最低。马骨的平均抗压弹性模量最高，而猪骨最低。

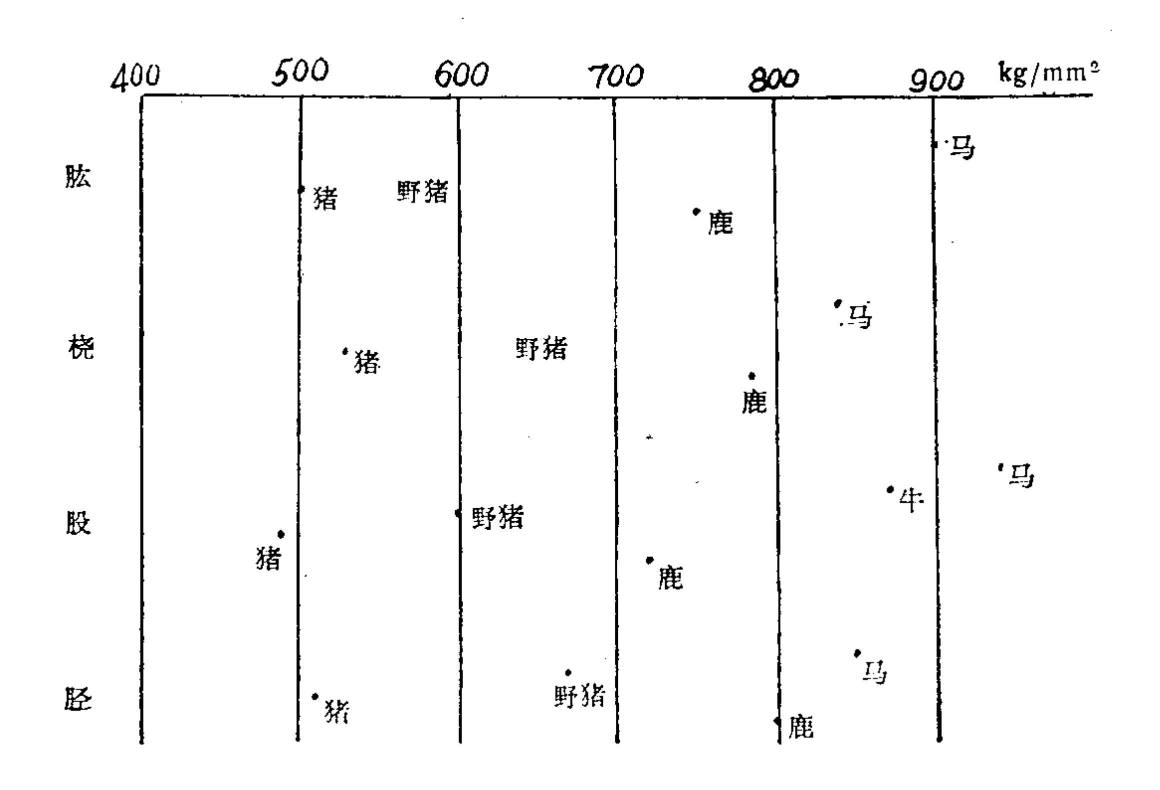


图1—23　未防腐湿致密骨平均抗压弹性模量

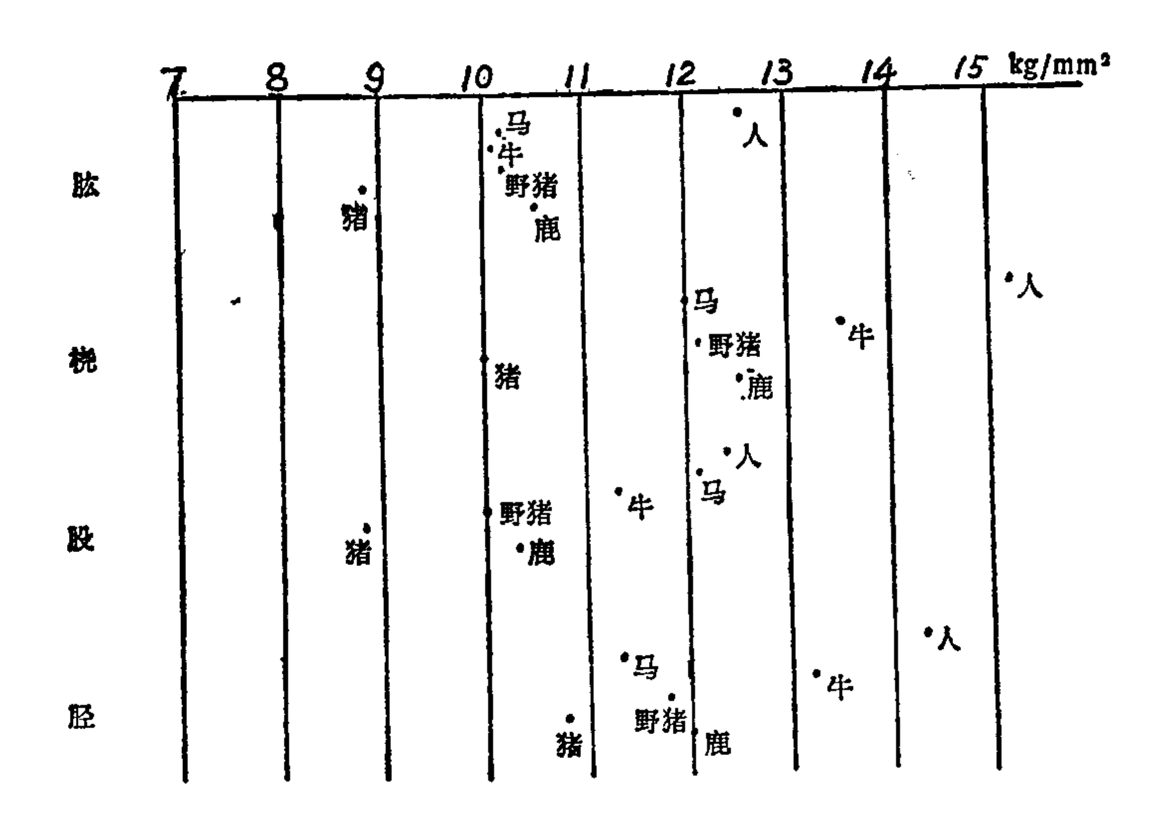


图 1—24　未防腐湿致密骨纵向平均抗拉极限强度的种族差异

（五）各种物理、化学因素对骨力学性能的影响

1.干燥的影响

由于某些条件的影响，骨的强度和弹性模量会发生很大变化。变化的重要因素之一，就是骨中含水量的差别。

正常人股骨新鲜密质骨部分的含水量约为全重的12.21%，而新生婴儿股骨密质骨的含水量为28.06%。人骨和动物骨的含水量也不相同，比较如下：

人股骨——12.21%

牛股骨——12.87%

马股骨——13.67%

狐狸胫骨——11.39%

蛙股骨——31.08%

据研究，干燥能增加骨骼的平均抗拉极限强度、弹性模量和硬度，但降低其延伸率及抗剪极限强度（表1—14、1—15）。干燥能使平均抗拉极限强度增加28%、弹性模量增加18%，硬度增加56%；但垂直于骨长轴的平均抗剪极限强度，由于干燥下降18%，延伸率减少45%。

另外，干燥后骨质的比重也有所增加。成人新鲜肱骨密质骨比重为1.902，同样骨骼在干燥后比重则为1.936，由于干燥，比重增加了1%。新鲜胫骨比重为1.86，干燥后为1.933。

干燥可使骨承受能量的能力降低，关于这一点，可以对比干燥试样与新鲜试样的应力—应变曲线下部面积而明显地看到。

2.酒精固定的影响

对两组人股骨骨密质进行过酒精固定的试验。第一组30个试样在室温下贮于40%酒精中10天，测试其力学性能，然后将其余试样放入林格（Ringer）溶液（含氯化钠、氯化钾及氯化钙等，与血清等渗）中3小时后再测试；第二组24个试样在室温下放入林格溶液进行测试，然后放入40%酒精5天，再测试，再放入林格溶液中24小时，进行第三次测试。试验结果，经酒精浸泡的24个试样，其平均挠度比单纯在林格溶液中的试样低4%。经酒精浸泡的试样，再放入林格溶液中，然后取出试验，并不增加其挠度，因为酒精固定的影响是不可逆的。

表1—14　干燥对成人防腐股骨密质骨力学性能的影响（依Evans和Lebow，1951）

年龄、性别	试验条件	抗剪极限强度（Kg/mm^2）	抗拉极限强度（Kg/mm^2）	弹性模量（Kg/mm^2）	硬度 Rockwell	延伸率%
47、男	湿	6.43	7.49	1202	2	1.16
	干	5.36	10.20	1518	11	0.61
58、男	湿	7.48	8.22	1350	25	1.24
	干	5.59	11.28	1722	33	0.73
63、男	湿	5.83	7.38	1500	3	1.37
	干	6.92	11.63	1680	23	0.79
70、男	湿	7.51	8.79	1680	27	0.98
	干	5.02	9.12	2032	34	0.46
78、男	湿	—	8.08	1469	16	1.10
	干	—	10.83	1750	25	0.72
81、男	湿	7.49	9.08	1462	15	1.63
	干	6.22	12.37	2011	24	0.85

表1—15　干燥成年白种男性防腐股骨密质骨的力学性能

（依Evans和Lebow1951）

	湿	干
样本数	121	121
抗拉极限强度（Kg/mm^2）*	8.32	10.92
抗剪极限强度（Kg/mm^2）△	6.89	5.62
抗拉弹性模量（Kg/mm^2）	1596	1877
延伸率（%）	1.20	0.66
硬度（Rockwell）	16	25

* 平行于骨长轴　　△垂直于骨长轴

3.其它防腐剂的影响

经防腐液（等容积的95％酒精、10％甲醛及化学纯甘油混合）处理43—56天的人股骨、胫骨骨干中部的密质骨，与未防腐的新鲜骨骼相同部位作压力强度对比试验。试验采用管状试样沿长轴向加荷载，结果是 7 个新鲜试样的平均抗压极限强度为19.1公斤/mm^2， 7 个防腐试样的平均抗压极限强度为16.4公斤/mm^2，由于防腐剂的影响，抗压极限强度下降17％。

在抗拉极限强度试验中，则干燥的或潮湿的防腐试样都比未防腐样本为强，干骨高 1 %，湿骨高 1 — 5 %左右。但抗剪极限强度则无明显差别。此外，防腐骨的弹性模量略高于未防腐骨，但不很明显。

4.冰冻的影响

将死后3小时的骨试样取下，在-20℃的温度下冰冻3—4周，然后溶化到37℃，所得试验结果如表1—16。

表1—16　冰冻对成人股骨密质骨某些力学性能平均值的影响

	新　　鲜	冰　　冻	概　　率
试样数	43	31	
抗拉极限强度（kg/mm^2）	16.7±3.0	17.6±32	>0.05
弹性模量（$X10^3kg/mm^2$）	1.41±0.24	1.39±0.23	>0.05
承受破坏能量（$X10^{-2}kg\cdot cm/mm^3$）	9.16±2.72	9.67±3.05	>0.05

5.温度的影响

根据试验，密质骨的抗弯弹性模量与温度之间呈反比关系，即温度越高，其弹性模量越低。而密质骨的抗弯极限强度则随温度上升而增加，当加热至正常体温时，共值明显提高。

（六）骨骼方向性的差异

就材料力学的角度来研究，密质骨与疏松骨都是各向异性的物体，其强度及其它力学性能有明显的方向性差异。

长骨密质骨的抗拉、抗压、弯曲强度以及相应的弹性模量，平行于骨长轴的方向要比垂直于骨长轴方向的大得

多。

经防腐的成人股骨、胫骨密质骨湿试验样本，其纵向的抗拉极限强度要比切向大七倍左右。

抗压极限强度的方向性差异也较明显。在成人股骨和肱骨密质骨中，干燥骨辐射向和切向的抗压极限强度仅为纵向抗压极限强度的65%和63%；湿骨辐射向和切向的抗压极限强度为纵向的89%和82%。

根据试验，垂直于骨长轴的抗剪极限强度要比平行于骨长轴的大些，以成人股骨和胫骨为例，纵向的平均抗剪极限强度为7.5 kg/mm^2；横向的平均抗剪极限强度为8.4 kg/mm^2。

颅盖骨虽然是扁骨，也有方向性差异。颅骨在纵长向（即与颅骨表面相切）的抗压极限强度，是同方向抗拉极限强度的一倍。但是纵长向的抗压极限强度略低于横向（即与颅骨表面成径向）的抗压极限强度。板障的横向抗压极限强度仅为同方向密质骨抗压极限强度的七分之一。

1970年有人测定了人颅顶的强度、弹性模量、泊松比、承受能量、干燥重量、显微硬度，结果表明，切向的抗压极限强度、弹性模量、泊松比，均比辐射向为大；但辐射向的平均压缩率及承受能量更大，各颅骨间的抗压极限强度及承受能量的差异，辐射向比切向更明显。压力弹性模量在辐射向和切向都表现出明显的颅骨个人差异。但压缩率和泊松比没有明显的方向性差异。颅骨外板的维氏（Vickers）硬度比内板更大。

颅骨外板和内板是坚硬的密质骨，中间由较弱的板障相隔。当外力垂直于颅骨表面时，板障承受部分荷载，与颅骨

表面相切的外力主要由密质的外板承受。垂直向打击颅骨时，板障首先遭到破坏，外力再大时才出现内外骨板的破坏。有人认为，各颅骨切向和垂直向（辐射向）的力学性能差异，是由于板障的构造薄弱所造成的。

疏松骨的方向性差异同骨小梁的排列方向和分布面积有密切关系。股骨三个轴的内外侧方向，其压缩率、弹性模量、承受能量要比其它方向的更高。

表1—17为人颅骨力学性能的方向性差异；表1—18为人颅顶骨的平均强度及变化范围。

表1—17 人颅骨力学性能的方向性异差

性　　能	荷载方向	平　均　值	标　准　偏　差
抗压极限强度	辐射向	7.52 kg/mm²	3.59 kg/mm²
抗压极限强度	切　向	9.84 kg/mm²	3.66 kg/mm²
压缩率	辐射向	0.097 cm/cm	0.080 cm/cm
压缩率	切　向	0.051 cm/cm	0.032 cm/cm
抗压弹性模量	辐射向	246.1 kg/mm²	147.6 kg/mm²
抗压弹性模量	切　向	569.4 kg/mm²	309.3 kg/mm²
泊松比（压力）	辐射向	0.19	0.08
泊松比（压力）	切　向	0.22	0.11
抗压承受能量	辐射向	84.39 kg·cm/cm³	49.22 kg·cm/cm³
抗压承受能量	切　向	33.76 kg·cm/cm³	30.94 kg·cm/cm³

表1—18 人颅顶骨的平均极限强度及变化范围

骨类型	样本数	部位	荷载作用方向	kg/mm²
抗拉极限强度				
密质骨	8	右	纵长向	7.59 (5.30—11.11)
密质骨	7	左	纵长向	6.75 (4.24—10.65)
平均	15	—	纵长向	7.19 (4.24—11.11)
抗压极限强度				
密质骨	36	右	纵长向	14.81 (8.72—23.83)
密质骨	33	左	纵长向	16.31 (9.77—33.60)
平均	69	—	纵长向	15.52 (8.72—33.60)
板障	11	右	横向	2.57 (1.81—3.90)
板障	12	左	横向	2.54 (1.20—4.01)
平均	23	—	横向	2.56 (1.20—4.06)
密质骨	28	右	横向	15.65 (6.89—24.96)
密质骨	28	左	横向	18.19 (3.16—32.97)
平均	56	—	横向	17.07 (3.16—32.97)

（七）不同骨骼及骨骼不同部位的力学性能差异

1.不同骨骼的力学性能差异

长骨中的抗拉极限强度以尺骨、桡骨为最大，然后依次为腓骨、胫骨、肱骨和股骨。研究表明，腓骨和胫骨的平均抗拉极限强度都比股骨大1％左右；腓骨的强度也明显地比胫骨大1％—5％（表1—19）。

表1—19、未防腐成人密质骨纵向平均抗拉、抗压极限强度

性能	肱骨	桡骨	尺骨	股骨	胫骨	腓骨
抗拉极限强度 (kg/mm^2)	12.5±0.08	15.2±0.14	15.1±0.15	12.4±0.11	14.3±0.12	14.9±0.15
抗压极限强度 (kg/mm^2)	13.5	11.7	12.0	17.0	16.2	12.5

延伸率以腓骨为最高．其次是桡骨、胫骨、尺骨、肱骨及股骨（表1—20）。

表1—20　成人未防腐湿密质骨纵向应变平均值

骨名	延伸率（％）	压缩率（％）
肱骨	1.45	1.90
桡骨	1.50	2.00
尺骨	1.49	2.00
股骨	1.41	1.80
胫骨	1.50	1.90
腓骨	1.59	2.10

弹性模量则以桡骨和腓骨最大，然后是尺骨、胫骨、股骨和肱骨（表1—21）。

表1—21　成人未防腐湿密质骨纵向拉伸的弹性模量

骨　名	kg/mm^2
肱　骨	1750
桡　骨	1890
尺　骨	1880
股　骨	1760
胫　骨	1840
腓　骨	1890

顶骨的抗拉极限强度为$7.9kg/mm^2$，变化范围在4.24—$11.11kg/mm^2$之间；板障的抗拉极限强度较低。

抗压极限强度以股骨为最大，其次为胫骨、肱骨、腓骨、尺骨及桡骨（见表1—19）。可以见到，下肢长骨的抗压极限强度比上肢长骨为高，上肢长骨的抗拉极限强度比下肢骨为大。

压缩率以腓骨为最大，其次为桡、尺骨，最小为股骨。

抗剪极限强度以股骨最大，然后依次为尺骨、胫骨、腓骨、肱骨和桡骨。

桡骨、尺骨和腓骨的弯曲性能同值，其平均抗弯极限强度最高，第二是胫骨，第三为肱骨，股骨最低。

顶骨的抗弯极限强度变化范围为0.36—$1.95kg/mm^2$，

相应的弹性模量为794—1561kg/mm²。

成人经防腐处理股骨的平均洛氏硬度数为13.2。股骨和胫骨最硬，其次为桡骨和腓骨，两者同值，然后是肱骨、尺骨。大骨一般较小骨为硬。胫骨洛氏硬度为11.5，腓骨7.6。

人颞骨鳞部横向剖面的平均维氏硬度为14.4±0.90，切向剖面的平均硬度为16.4±0.58。

左侧和右侧的差别不显著。左胫骨的延伸率比右侧大1％；右胫骨的抗剪极限强度比左胫骨高1％；右胫骨的抗拉极限强度和弹性模量都比左胫骨高1％—5％；股骨的洛氏表面硬度左侧比右侧大1％；颅顶骨密质骨的纵向抗拉极限强度，右边比左边大，而抗压极限强度则相反，横向试验时，左边的抗压极限强度大于右边；板障的右边横向抗压极限强度较大。

2.骨骼不同部位的力学性能差异

股骨干中部1/3的平均抗拉极限强度最高，近端1/3的最低；延伸率则以骨干中部1/3为最大，远端1/3为最低。骨干中部1/3的弹性模量最高，近端1/3的挠度最大。

胫骨、腓骨、肱骨抗拉极限强度的部位差异见表1—22、1—23、1—24。

胫骨密质骨的抗压极限强度、弹性模量和压缩率以骨干中间1/3为最高，近端1/3的平均弹性模量最低，远端1/3的抗压应变最小（表1—25、1—26）。

股骨的抗剪极限强度以骨干中间1/3及近端1/3为最高，而远端1/3为最低。

股骨硬度以中间1/3最硬，近端1/3最软，见表1—27。

表1—22　成人男性防腐湿胫骨密质骨平均抗拉性能的部位差异

部　　位	例数	抗拉极限强度 (kg/mm²)	例数	弹性模量 (kg/mm²)	例数	延伸率（%）
近端 1/3	59	9.23±1.77	57	1582±323	49	1.57±0.62
中部 1/3	68	9.58±2.11	67	1617±330	66	1.88±0.76
远端 1/3	65	9.58±2.18	64	1652±380	59	1.78±0.88
前　 1/4	47	9.77±1.86	47	1526±246	44	2.09±0.75
外侧 1/4	47	9.59±2.31	47	1666±394	45	1.68±0.94
内侧 1/4	47	8.90±2.18	46	1624±337	45	1.75±0.72
后　 1/4	49	9.51±1.79	48	1659±380	45	1.55±0.61

表1—23　成年男性防腐湿腓骨密质骨平均抗拉性能的部位差异

部　　位	例数	抗拉极限强度 (kg/mm²)	例数	弹性模量 (kg/mm²)	例数	延/伸率(%)
近端 1/3	10	10.07±1.85	9	1715±344	9	1.91±1.32
中部 1/3	14	9.38±2.07	14	1807±190	14	1.78±1.42
远端 1/3	8	8.75±1.75	7	1800±464	7	1.33±0.94

表1—24　成人防腐湿肱骨密质骨平均抗拉性能的部位差异

部　　位	例数	抗拉极限强度 (kg/mm^2)	例数	弹性模量 (kg/mm^2)	例数	延伸率(%)
近端 1/3	21	8.28	13	1722	12	0.53
中部 1/3	20	8.99	19	1659	19	0.65
远端 1/3	17	9.25	13	1786	10	0.63
前　 1/4	16	8.80	13	1645	11	0.63
外侧 1/4	9	9.22	9	1814	7	0.65
内侧 1/4	17	8.40	11	1680	8	0.49
后　 1/4	17	10.52	16	1680	15	0.64

表1-25　成年男性白人未防腐湿胫骨密质骨平均抗拉性能的部位差异

部　　位	例数	抗拉极限强度 (kg/mm^2)	例数	弹性模量 (kg/mm^2)	例数	延伸率(%)
近端 1/3	53	8.81±2.15	52	1687±506	46	1.50±0.83
中部 1/3	78	9.44±2.05	81	1758±443	75	1.73±0.86
远端 1/3	78	8.73±2.07	79	1617±478	73	1.71±0.79
前　 1/4	55	8.71±2.55	54	1687±612	48	1.76±0.79
外侧 1/4	50	9.54±1.82	49	1694±394	47	1.73±0.85
内侧 1/4	46	8.91±1.95	49	1821±415	41	1.73±0.94
后　 1/4	58	8.94±1.93	60	1694±429	58	1.50±0.79

表1-26　6个成年男性未防腐湿胫骨密质骨平均抗压性能的部位差异

部　　位	例数	抗压极限强度 (kg/mm^2)	例数	弹性模量 (kg/mm^2)	例数	压缩率(%)
近端 1/3	19	9.09	19	1800	15	0.95
中部 1/3	28	13.70	28	2074	28	0.97
远端 1/3	12	9.20	12	1905	9	0.64
前　1/4	15	10.68	15	2039	12	0.95
外侧 1/4	15	11.35	14	1947	14	0.74
内侧 1/4	16	12.35	16	1961	13	0.87
后　1/4	13	10.87	14	1905	14	1.10

表1—27　成人湿密质骨平均洛氏（Rockwell）表面硬度的部位差异

部　　位	例数	防腐股骨	例数	防腐胫骨	例数	防腐腓骨
近端 1/3	98	11.17±17.25	37	6.89±14.24	8	7 50±11.69
中部 1/3	93	17.01±13.49	39	14.44±6.65	9	5.00±12.74
远端 1/3	94	13.69±17.51	30	13.03±6.96	8	10.63±8.33
前　1/4	70	9.70±17.82	30	3.00±10.47	—	—
外侧 1/4	77	10.16±17.75	29	14.31±7.90	—	—
内侧 1/4	76	15.13±16.78	28	14.25±6.52	—	—
后　1/4	67	17.55±16.26	28	15.07±10.52	—	—

第二章　骨骼损伤

一、骨骼损伤的形成

（一）研究骨骼损伤形成的一般方法

骨骼损伤（或骨质损伤）的形成，是外力作用下所产生的瞬息变化过程，直接研究人类骨质损伤的这个过程，是十分困难的。目前所采用的研究方法有：

骨损伤检验——对受伤者的骨骼进行损伤外表检查和X光检验（透视或照相），以研究损伤形成的机理；对死者的受伤部位作局部分层解剖，直至对受伤组织进行法医病理组织学检验和生物化学分析，研究损伤形成的过程和受伤时间；对大量损伤实物标本进行观察测量，作出数理统计分析，找出规律性变化。

一九七二年豪恩司菲尔德（Hounsfield）设计成功电子计算机横断层扫描装置（简称CT），是放射诊断技术上的重大进展。CT是利用断层内不同组织密度出现对X线吸收差，而形成明暗不同的影象，依此进行临床诊断。一九七五年德国法医学家马林（Malin J.P.），卡茨奈尔（Kazner E.）等人已有用CT进行颅脑损伤的诊断和鉴定的报导。许多研究表明，CT在不损坏人体条件下，确定损伤部位、

形态、性质、程度以及受伤时间方面是一种比较理想的仪器。

模似试验——如按照人头部的生理解剖特点，制作近似的模型（如采用发泡苯乙烯代替头皮等等），设计撞击试验方案，用精密电子仪器记录各种试验数据，以解释生物体损伤的形成。

动物实验——根据对某种动物的活体撞击试验，通过高速摄影记录实验经过，了解骨折发生过程，以此来推测人头部或其它肢体骨骼外伤的生理病理学过程。

人体尸骨实验——如在干骨表面涂一层塑胶漆或易脆漆，通过材料试验机测定外力作用时尸骨的应力变化。对骨骼进行光弹性试验。或在干骨上直接试验，用电阻应变仪记录应变数值，并对实验数据进行理论分析。最近还有报导，采用扫描电子显微镜观察骨折端的显微结构变化，以研究骨质损伤。

根据上述各种研究方法目前所取得的进展情况，下面以钝器伤为例，说明骨骼损伤形成的机制。

（二）骨骼损伤的机制

1.颅盖骨折机制

当外力作用于人的头顶部时，该处头发和头皮首先受到冲击，头皮在外力作用下发生挤压变形。在此时刻，如果外力消除，头皮还可恢复到原来状态。但是，由于在变形过程中软组织彼此发生挤压撕扯，部分血管破裂出血，形成皮内或皮下出血，或两者同时存在。如果打击物表面比较粗糙，受击处头皮还可见到表皮擦脱。如果外力大于头皮的强度，

就会出现头皮破损，破损的顺序决定于头皮各层组织的强度，一般皮下组织层首先遭到破坏，继而表皮层，最后帽状腱膜层受损，造成头皮全层断裂，软组织哆开，仅有少量较坚韧的血管、神经和结缔组织未被扯断，而介于两创壁之间，成为组织间桥，这种损伤称为挫裂创。在这种情况下，受击部位骨板呈现程度不同的弹性变形，只是在外力解除后，变形骨板恢复原状，不留痕迹，肉眼不易觉察而已。

当外力强大（暴力），超过了颅骨的弹性极限时，即出现颅骨损伤。

颅骨损伤按骨骼变形的不同形式，可分为局部变形、整体变形和内弯外曲变形：

（1）*局部变形*：是在外力作用范围相对较小，作用速度较快，造成局部应力高度集中而出现的小范围骨骼变形。以颅盖部扁骨典型塌陷性骨折为例，其局部变形的过程如下：

①凶器（如锤类）打击于头顶部，经过0.0006秒，受击部位骨板开始向颅腔作锥形凹陷变形，变形区内骨外板受到挤压，骨内板被拉伸（图2—1）。

②由于骨板抗压强度大于抗拉强度，两者强度之比约为2：1，使处于锥尖部位的骨内板所受到的拉应力最大，骨质最先遭到破坏，出现十字形或放射状等骨裂，骨裂线长轴与拉应力线成直角。

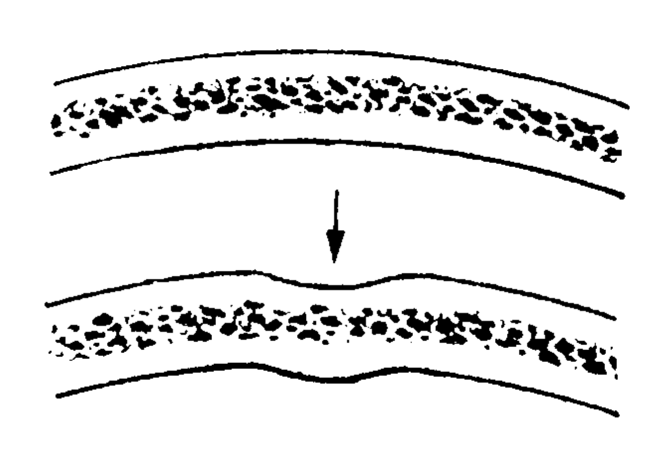


图2—1　颅骨受击部位向颅腔作锥形凹陷变形

③受压区拱形骨外板向外展开，直径增长，圆周扩大，呈伞形撑开，沿周围切线方向出现拉应力，骨裂线由拉应力最集中的外围趋向中心，故骨裂线呈放射状。

④与此同时，锥底部骨质也向四周排挤，促使外围骨板隆起，形成中央凹周围凸的盆形变形，处于波峰部位的外板发生拉伸变形，围绕打击点出现环形骨折，而相应处的内板，先是受到压缩，在外板环形骨折后，内板失去支持，继而出现环形骨折，使塌陷骨折的形状成漏斗状（见图2—2）。外力作用引起的骨折，其全部过程大约在0.0012秒内完成。

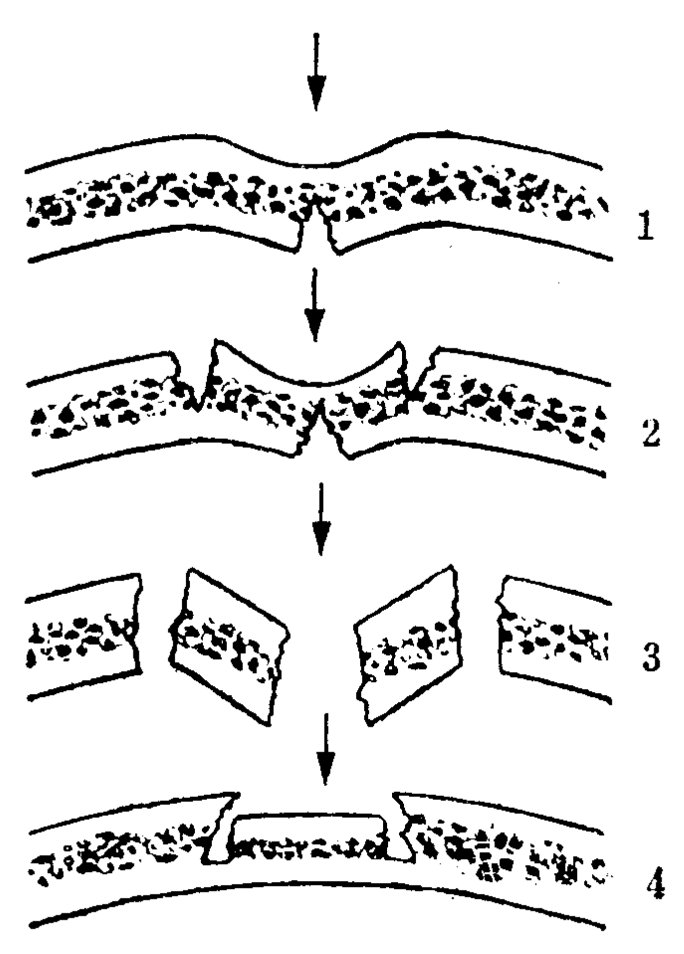


图2—2　1.受击处内板；2.周围外板出现环形骨裂；3.进而骨板全层断离；4.如板障发达而脆弱，则可以不出现内板骨折

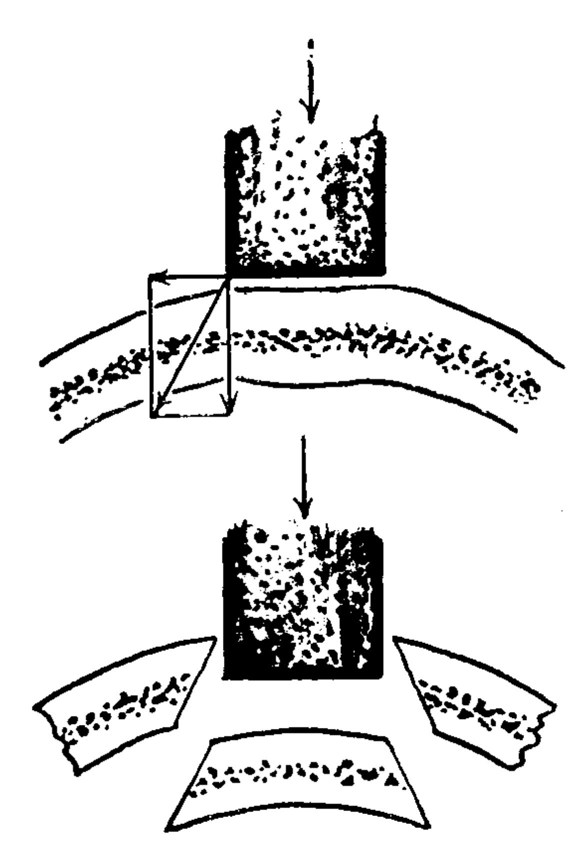


图2—3　当外力作用于颅盖时，力的传递呈锥形散开

颅骨塌陷骨折和孔状骨折时，内板受损范围均比外板为大，这同骨板的性状有关，如图2—3所示。当外力作用于颅盖时，出现向外和向下的分力，因此力的传递呈锥形散开。外力作用速度越快，向下分力（冲量）越大；向外分力越小，斜角越小，骨折面坡度也小。这种情况同样见于枪伤射出口外板损伤范围大于内板的现象。锥形损伤还可以从骨内部分子粒之间的变化得到进一步证明：当外力作用于骨质时，分子粒受到力的作用而被压扁，并向两侧排挤，造成向外和向下的压力，

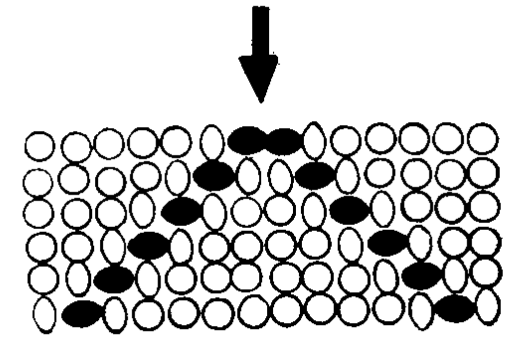


图2—4　受力时物体分子粒的形态变化，说明力向外散开

如图2—4所示；此外，颅骨是由外板、内板及中间层疏松的板障组成的复合材料，板障愈厚，内板破损范围愈大；第三，内板比外板薄，因此受外力作用时，内板比外板更易受损。

（2）整体变形：暴力作用时，凶器与头颅接触面较广，则容易发生颅骨整体变形。轻度的颅骨整体变形，可能不出现损伤。暴力过大时，颅骨整体变形超过弹性变形极限，即发生骨折。在下述两种外力作用形式下，颅骨会因整体变形而发生骨折：

①当巨大钝器作用于头盖部时，头骨处于致伤物与脊柱之间，或致伤物与墙壁、地面及其它硬性衬垫物之间，经受着两个相对外力的挤压，使颅骨受压方向的两极间距缩短，“赤道”周径扩大，出现扁圆变形，使处于“赤道”部位的骨板受到很大的拉应力，因此在该处首先出现与主拉应力线相垂直的骨折线，由“赤道”迅速向两极延伸，称为经向骨折。经向骨折在颅骨上的走向，与外力作用点和作用方向有关：当额枕部受力时，经向骨折作矢状分布；当左右两颞受力时，则颅盖和颅底的骨折方向与冠状缝方向一致（见图2—5）。

②颅骨整体变形不仅出现于两个不同方向的外力沿轴线挤压静止的头颅时，作者认为也可出现于颅骨一侧受击的情况。这是由于接触面较大的致伤物猛击头部时，使头部作加速运动，此时头颅产生惯性力，头颅的加速度愈大，头颅产生的惯性力也愈大，使颅骨实际处于两侧受到挤压而出现整体变形。不过，这种惯性力不是一个集中作用的外力，而是与颅骨各部位的质量成正比例地分布于整个头颅的所有部位

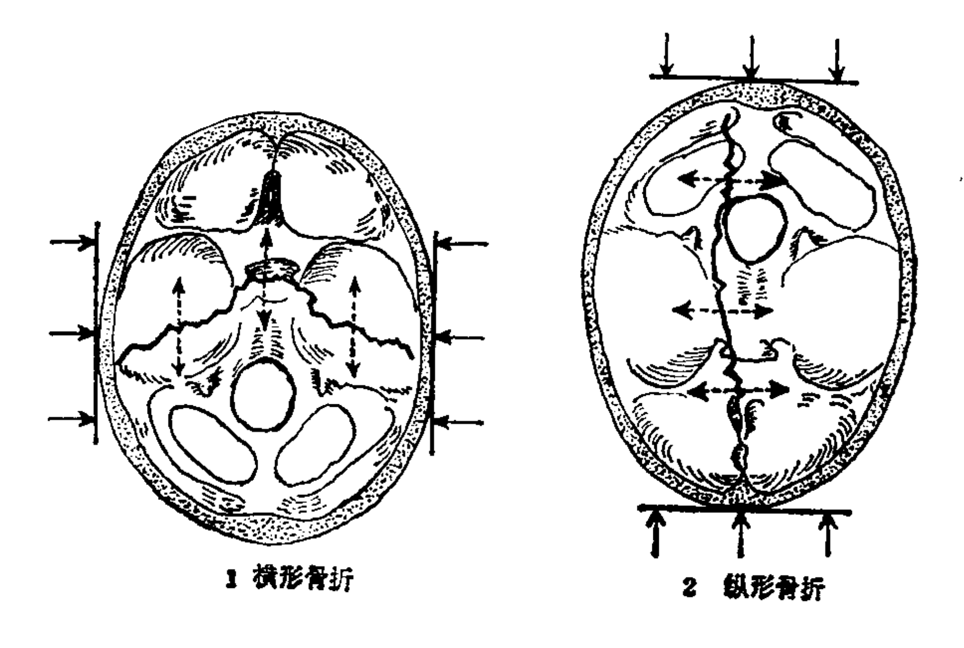


图2—5　1.两颞受力，2.额枕受力时颅底骨折走向

上，虽然这种惯性力的合力与头颅一侧作用着的外力大小相等、方向相反，但是由这一对力引起头颅的整体变形与上述头颅两侧受挤时所出现的整体变形是不完全相同的。这种变形在外伤性颅骨骨折中较为多见。

颅骨整体变形程度的大小，与作用力大小、颅型、颅骨厚薄、年龄等等都有关系。根据张洪翥研究，在头颅两颞部加压达到强度极限时（不发生骨折），额枕径（矢径）平均可伸长1.2厘米；当额骨、枕骨受压到强度极限时，两颞间横径平均伸长1.17厘米。伸长量以青年为最大，矢径可伸长1.4厘米，横径伸长1.5厘米；中年次之，矢径伸长1.1厘米，横径也伸长1.1厘米；老年伸长量最少，矢径伸长0.87厘米，横径伸长0.90厘米。说明颅骨的整体弹性变形在成年后随着年龄的增长而不断减弱。

（3）内弯外曲变形：这是戈琴（Gurdjian）等学者在

实验基础上提出的颅盖骨骨折机制。实验时先将头颅包上复盖物，表面涂易裂的塑胶漆，然后从一定的高度下落到很厚的抛光钢板上，在冲击力作用下，颅骨变形情况即可通过漆面的裂缝显示出来。根据实验数据得出了如下结论：

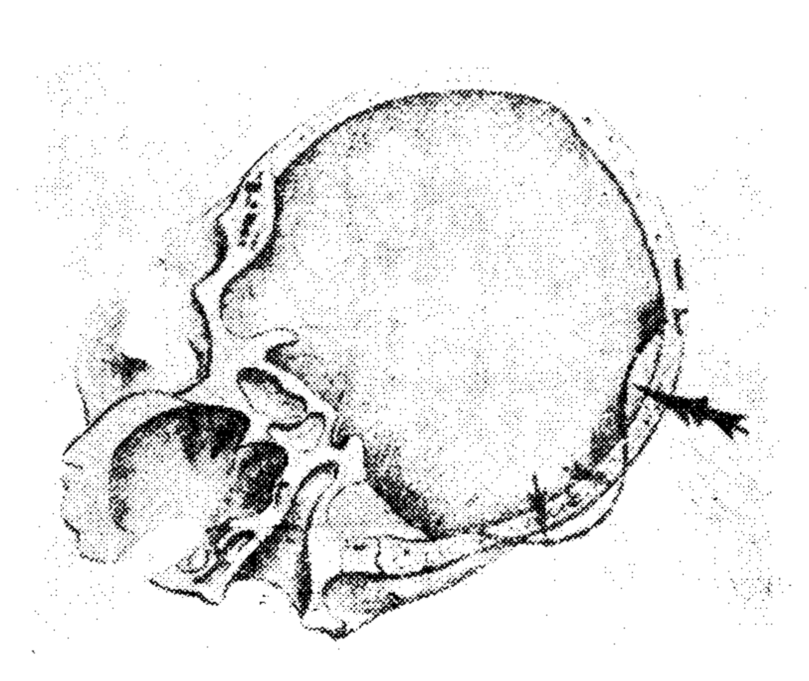


图2—6　在冲击点处骨板向内弯同时在附近出现外曲

①在冲击力作用点上，骨板向内弯曲，在弯曲部位的骨内板漆面，出现从着力中心点向外辐射的裂缝（图2—6，2—7）。

②冲击力解除后，内弯处骨板可以重新复原（弹性变形），或者骨板向颅腔塌陷，导致

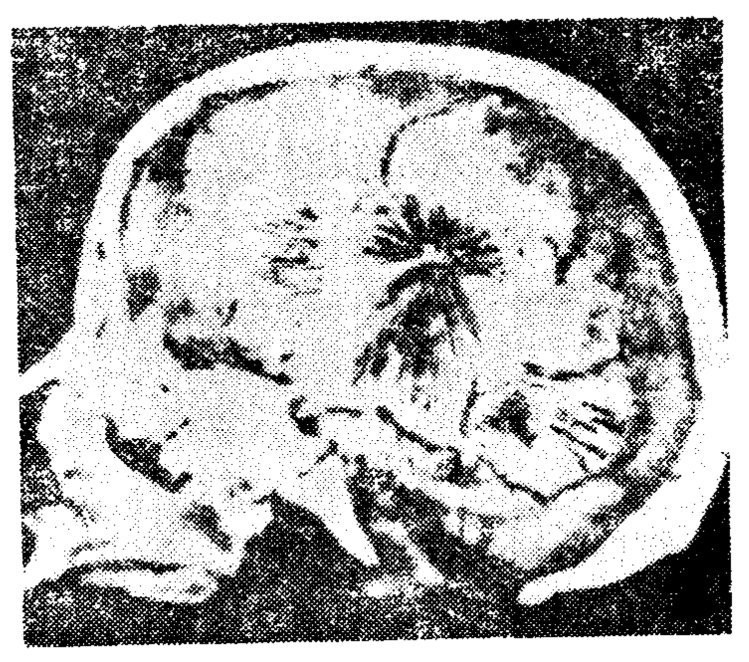


图2—7　在弯曲部位的骨内板漆面，出现从着力点向外辐射的裂缝

凹陷骨折。

③如果冲击力较大，则离开内弯部位一定距离的颅骨骨板外曲，外板漆面即可出现裂缝（图2—8）。



图2—8　冲击力很大，使离内弯一定距离的骨板外曲，在颞窝部位漆面出现裂缝

④在外弯部位形成的拉应力，可能导致线性骨折，骨折线起始于离冲击点有相当距离的地方，骨折线走向朝着冲击点，同时向相反方向延伸，这是冲击点的主要应力区（图2—9）。

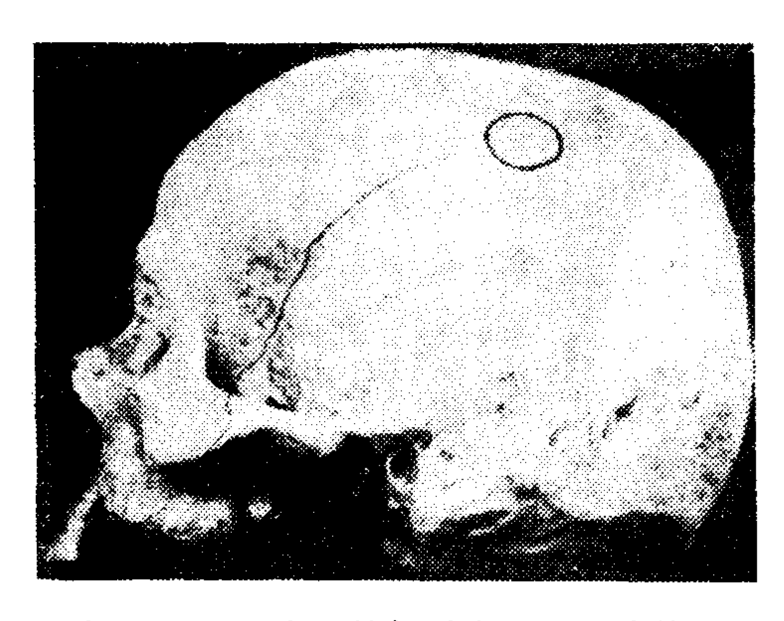


图2—9　在顶枕部受击后，形成的骨折线从颞窝走向冲击点

⑤骨折线一般能达到冲击部位；如果能量不足，骨折线也可能很短，达不到冲击部位。

⑥外力强大时，颅骨其它部位也产生外弯。按外力作用的大小可以形成单个线性骨折的主要应力区（图2—10、2—13）、

两条线性骨折的第二应力区（图 2—11）及复合线性骨折、星形骨折，甚至发生环形骨折，以及实际形成颅骨粉碎性骨折的第三应力区（图 2—12）。



图 2—10　在颞骨部形成主要应力区，出现单个线性骨折



图 2—11　在额顶部位出现第二应力区，形成相应骨折



图 2—12　更严重打击时在乳枕部形成第三应力区，并骨折

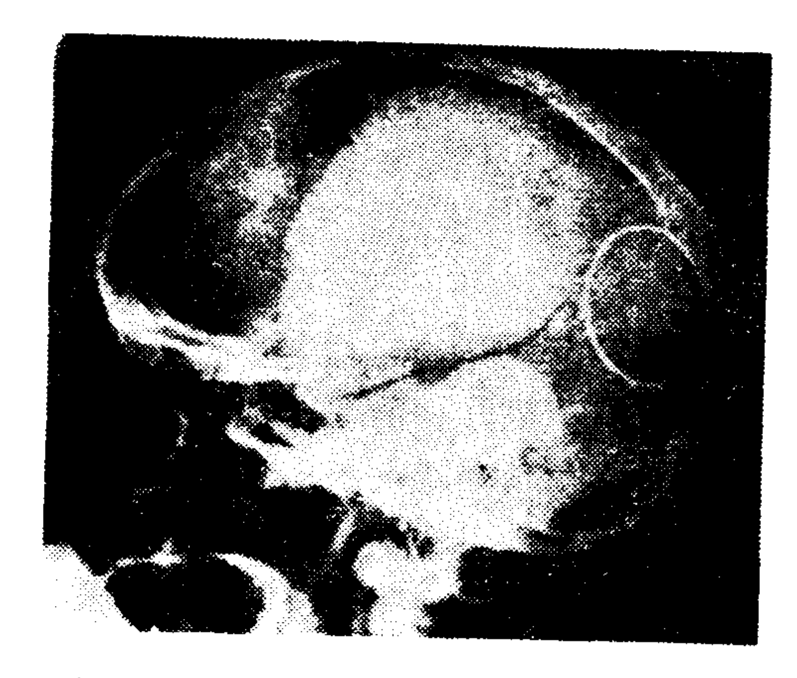


图 2—13　主应力区形成之X射线照片

⑦根据25个头颅骨的实验结果，各应力区的分布及骨折线起始位置的百分率见图2—14。

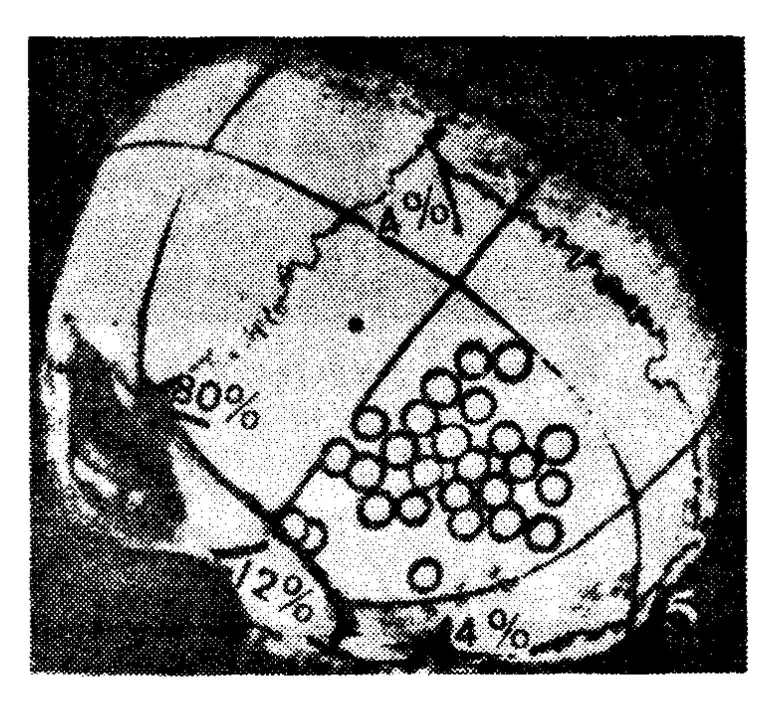


图2—14　在左顶枕区受击（25例）骨折起始位置的百分率

2.颅底骨折机制

形成颅底骨折有下列几种情况：

（1）**直接打击颅顶部造成颅底骨折**。颅骨呈拱形圆顶状，颅盖受力时，作用力可传导到颅底，出现颅盖与颅底同时骨折的情况，甚至颅盖不发生骨折，而颅底却出现裂缝，这与颅骨的结构有密切关系。如果将颅骨作冠状切面，则颅盖部分呈弓形，颅底近似直线；颅盖部厚薄均匀而坚固，又富于弹性，而颅底部厚薄不均，有许多薄弱部位。当颅盖（弓背）受力时，颅底（弦）出现拉应力，因此首先在薄弱部位容易发生骨折，如图2—15所示。如在颅盖正中受

力，在枕骨斜坡部位（即枕大孔前）形成最大应力，使枕骨斜坡及蝶骨体承受变形，如果作用力超过该部位骨骼的强度，则在强度较差的枕骨与蝶骨连结处（基底缝）产生横向骨折。当基底缝已骨性愈合时，则骨折线前移，侵入蝶鞍。

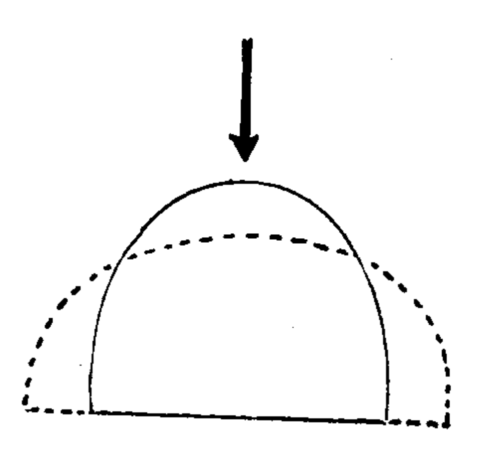


图 2—15　颅盖受压使颅底出现拉伸变形产生骨折

当颅顶中心偏后处施力时，应力从颅盖传递到颅底并不是各个部位都均匀的，主要压应力集中于矢状向的枕骨增厚部位，最大拉应力出现在枕骨隆突下方的枕鳞部位，形成纵向的裂缝。裂缝形成以后，根据外力的大小，向下扩展到枕骨大孔，向上扩展到枕骨隆突。在大面积硬质钝器打击时，枕骨可以同时形成若干条纵向短骨裂，将枕骨分裂成若干碎块，碎块在力的继续作用下，发生横向断裂，彼此连接成环形骨折，严重的还可使脊柱的完整性受到破坏，出现椎体压缩性骨折。

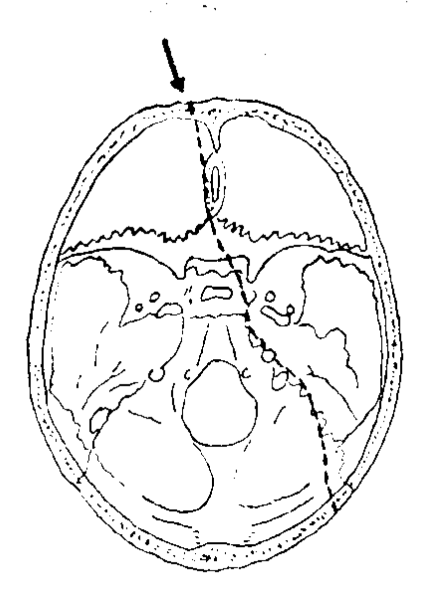


图 2—16　额部着力造成的颅底骨折

如果着力点在额骨部位，即在顶正中心偏前部施力，可在额骨眶部形成纵形骨裂，经常出现筛骨骨折，亦可波及到颅后窝（图 2—16）。

（2）打击在眼耳平面（颅骨

基底线）附近造成的颅底骨折。当钝器打击一侧的额结节部位，在同侧颅前窝可造成骨裂，前窝的骨折线可能经过蝶鞍向对侧颅中窝扩展。颅骨正前方受力时，蝶鞍最容易遭到破坏（图2—17）。

如在枕骨低位施力，则骨折线出现在颅后窝，可穿过枕骨大孔，斜向对侧，越过颞骨岩部进入颅中窝（图2—18）。

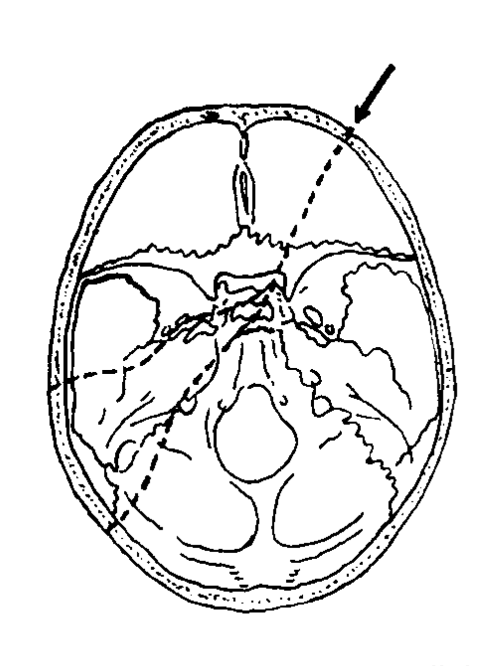


图2—17　着力部位在额结节部位造成的颅底骨折

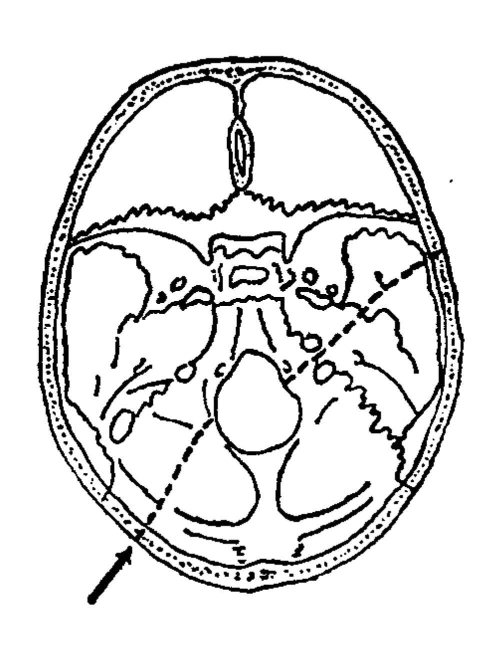


图2—18　枕骨低位施力造成的颅底骨折

暴力作用于两颞低位，则骨折线沿颞骨岩部前缘穿过蝶鞍，进入对侧颅中窝，或者受力一侧的颅中窝横向骨折。

（3）足或臀部着地造成的颅底骨折。外力沿脊椎骨传递到枕骨踝附近，形成向上的力量，而头颅由于惯性作用向下运动，在这两种力的同时作用下，颅底受到的冲击力，是上述两个力之和，因而导致颅底枕骨髁周围的薄弱部位出现环形骨裂。此种骨折在高坠损伤中较为常见（这种颅底环

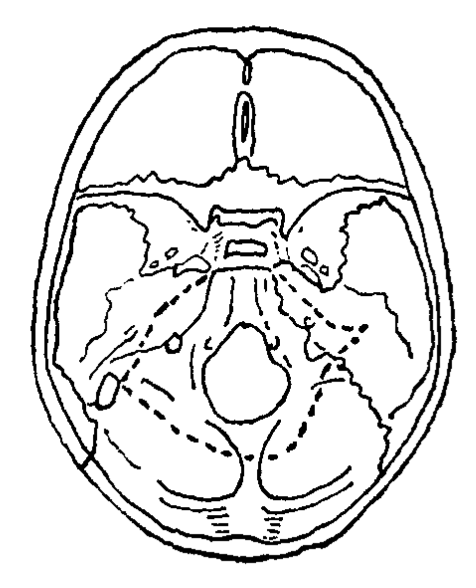


图 2—19 臀位或足位着地造成环形颅底骨折

形骨裂在顶部受力时也能形成（图 2—19）。

（4）各种颅骨整体变形都可以出现不同形式的颅底骨折。其骨折线的走向和长短，与外力的作用方向和着力点的部位有关。

据统计，单纯颅底骨折较为少见，约有四分之三的颅底骨折并发颅盖骨折。因此，有人认为，颅底骨折是颅盖骨折蔓延的结果。

3.面部骨折机制

面部骨骼的特点是形状不规则，骨质较薄，空腔（窦）较多，骨骼之间以平缝、鳞状缝或嵌合方式连结，因此，受钝器打击所形成的损伤也比较复杂。

上颌骨骨壁虽然比较薄，但其内部有空腔（上颌窦），所以在外力作用时，容易得到缓冲。上颌骨与邻近面骨结合紧密，在外伤时常常出现联合性复杂骨折。同时，上颌骨及其它面部骨骼也有骨折好发部位，因而受伤后可以出现典型的骨折线（图 2—20），有以下几种情况：

（1）钝器打击在上唇部，使上颌牙槽突首先受到撞击，应力集中于牙槽突的基底部，由于该处骨质比较薄弱，故容易出现损伤。这种损伤的骨折线出现在牙槽突与上颌骨体相连接处，骨折线呈水平走向，从梨状孔至上颌结节，可以单侧出现，也有两侧同时出现的（图 2—21）。

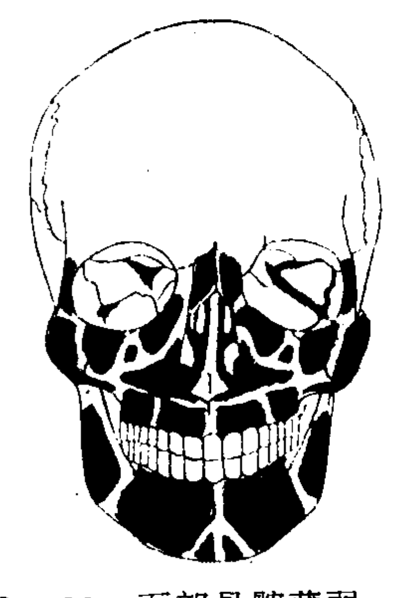


图 2—20　面部骨骼薄弱部位（白色）

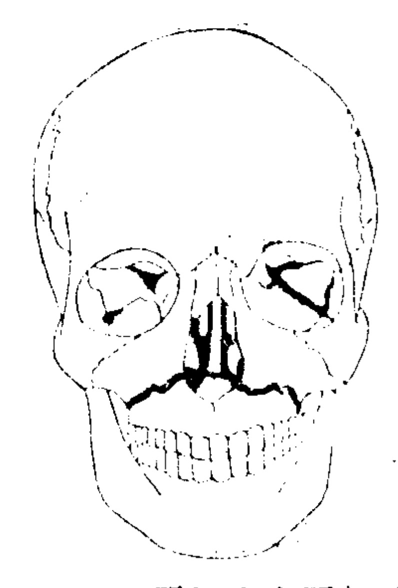
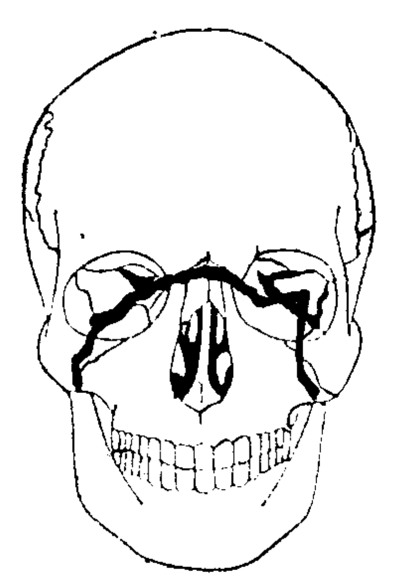


图 2—21　钝器打击上唇部造成牙槽突基底部骨折

（2）如外力打击部位较高，着力点在鼻根附近，则最常见的骨折线系横过鼻梁，沿眼眶内壁并穿过下壁，沿颧颌缝向下行走，造成较广泛的面骨骨折。在外力很强的情况下，甚至可出现鼻骨和额颧缝水平向骨折，造成面颅和脑颅完全分离（图 2—22）。



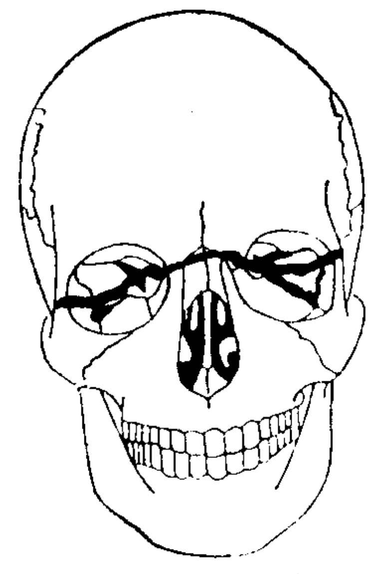


图 2—22　外力作用于鼻根部造成的两种类型骨折

（3）上颌尖牙槽较深，骨质薄弱，因此面部外伤易于造成该处的单纯纵向骨折。

下颌骨是马蹄形游离骨，骨质较上颌骨粗壮，但以下几个部位的骨质较为薄弱：

（1）下颌正中线——下颌骨在胚胎发生时，两侧各有一个主要化骨点，出生后一至二年才愈合为一骨。最初时，正中线（愈合线）仍较薄弱，到成年后才较坚固。当两侧受力时，下颌骨颏部（正中）是拉应力最集中的位置，因此容易出现骨折。

（2）尖牙槽和颏孔——尖牙牙根最粗最长，相应的尖牙槽也最深，超过下颌体高的一半，同颏孔一样，破坏了骨质的连续性，降低了该处骨质的强度。

（3）下颌角——从组织解剖学角度研究，下颌体骨质较致密，下颌枝较疏松，下颌角是由向前、向上两骨板组成的拐角，处于体与枝的交接处，而该处又有阻生的第三磨牙，因此在较弱的外力作用时，也容易发生骨折。

（4）下颌颈——由于下颌骨是弓形结构，在各个部位受暴力时，都可以在下颌颈部出现骨折。

当下颌枝两侧受到外力挤压时，下颌骨过度弯曲，形成颏部的拉应力集中，因此在颏部或附近发生骨折（图2—23），同时累及下颌颈部。

如果外力打击于颏部，则颏部因直接外力作用而产生骨折外，还能形成左右下颌枝向外弯曲，使下颌颈一侧或两侧发生骨折（图2—24）。

下颌颏部受到由下斜向上方的暴力作用时，可以出现下颌角及一侧或两侧下颌颈的骨折。

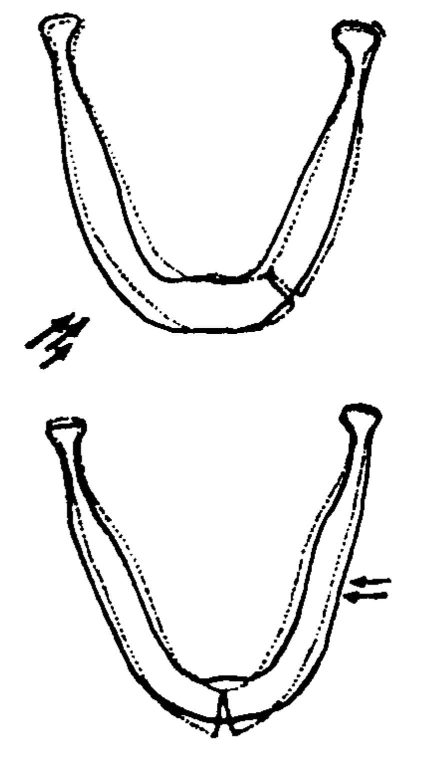


图 2—23　下颌两侧受到外力时造成颏部及附近骨折机制

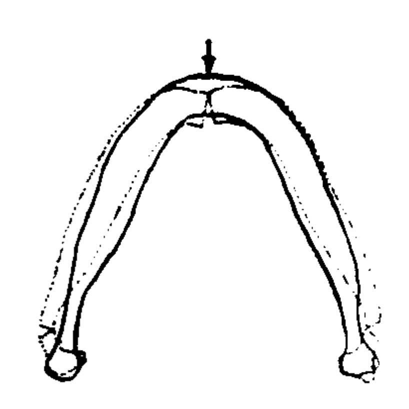


图 2—24　下颌颏部受到打击造成下颌颈骨折机制

4.肋骨骨折机制

肋骨通过肋软骨与胸骨相接。肋骨富于弹性，据研究，在尸体胸部逐渐加负荷达到100公斤时，胸骨触及脊柱，但肋骨并未出现破坏。外力直接作用下发生的肋骨骨折，男性多于女性，这与女性胸廓较男性略圆，并有乳房保护有关。男性胸廓较扁，肋骨角弯曲度大，因此前面受压时较易出现骨折。一般前胸受力时最易出现第二至第七肋骨骨折；第一肋骨处于锁骨下方，较为隐蔽，不易造成单纯骨折；第九、第十肋很少因前面受力而发生骨折，从侧面或后面受力时则容易伤及；十一和十二肋骨均较短小，为浮动弓肋，其前端游离于腹壁肌层中，活动度较大，即使受外力打击，也不易受

损。

当肋骨受力时，其应力分布也不相同，因此肋骨骨折可以在外力作用的部位出现，也可以在远离外力作用点发生，前者为直接骨折，后者为间接骨折。

外力作用部位所形成的肋骨骨折，其特点主要是内面骨板损伤，外面骨板则往往是完整的，如果内外板全层断裂，则在内面骨板上可见附加的骨裂或蝶形骨折碎块（图2—25）。老年人骨钙增高，骨质变脆，上述特征可能不明显，但仍可见到骨折断面斜向内面。

肋骨间接骨折，一般多见于胸部受压时，在远离着力部位的肋骨角（即肋骨最大弯曲处）发生。该处的外面骨板受到最大的拉伸应力，首先遭到破坏，继而内面骨板骨折。肋骨间接骨折时，其外面骨板损伤面积较大，损伤也较严重，而内面骨板较轻，且常为不完全骨折。

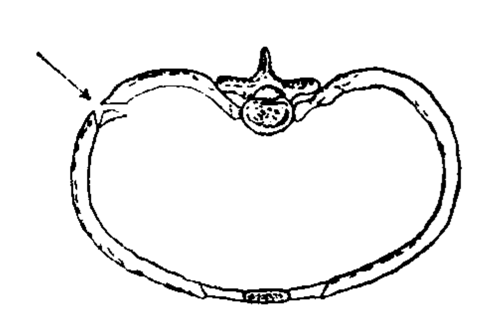


图2—25　外力直接作用下肋骨形成蝶形骨折碎块

外力直接作用或间接作用形成的肋骨骨折，其特征可比较如表2—1。

胸廓形状的个体差异，对肋骨骨折发生的部位有一定的影响。例如，前后向压迫胸廓时，扁平型胸廓形成沿前腋窝线或中腋窝线的第二至第六肋骨骨折；圆柱型胸廓则形成沿锁骨中线及前腋窝线的第二至第八肋骨的骨折；圆锥型胸廓则形成第二至第六肋骨沿前腋窝线及中腋窝线骨折及第七至第十肋软骨的骨折。

表2—1　肋骨直接骨折和间接骨折特征比较

直　接　骨　折	间　接　骨　折
（1）骨折线往往与肋骨长径斜交。骨折处凹向胸腔。	（1）骨折线往往与肋骨长径横交。骨折处凸向外面。
（2）肋骨内面骨板骨折处张开较大。	（2）肋骨外面骨板骨折处张开较大。
（3）肋骨碎片边缘往往向内，断面楔形变薄。	（3）肋骨碎片边缘往往向外，断面平直。
（4）内、外骨板骨折缘参差不齐，呈明显锯齿状，很少出现直线或波浪形。	（4）骨折线为直线或波形，骨折缘比较整齐。
（5）肋骨上缘形成斜方形碎骨片或深裂缝。	（5）骨折边缘平直，很少产生表面裂缝。

圆柱型胸廓对外力的抵抗作用最强，平均破坏负荷为300—500公斤；扁平型及圆锥型胸廓较差，平均破坏负荷为170—200公斤。

5.骨盆骨折机制

骨盆骨折在凶杀案件中少见，在交通车辆致伤事故中遇到很多。

骨盆由两髋骨、骶骨和尾骨所组成，形状不规则，大体呈盆状。骨盆构成的这些特点，决定了骨折的多样性和复杂性。骨盆组成比较坚固，在较大荷载时（1000—1500公斤压力）始可产生骨折。

根据外力作用的方向和特点，骨盆破坏可以有某些共同性。

钝器从前面打击时，可以造成典型的耻骨损伤；侧面打

击时，造成髋臼、髂耻隆突及髋骶联合的破坏；从后面打击时，骨折出现在骨盆的后半部。打击时如有硬物衬垫，可在对侧造成骨折。

（1）前后向压缩骨盆：骨盆环压扁，髂骨翼一面出现裂缝，耻骨上、下支弯曲扭转，耻骨弓拉伸断裂。损伤出现在髂耻隆突、耻骨上支及髋臼前上部，耻骨下支及坐骨支一侧或两侧骨折，耻骨联合分离，腹侧髋骶韧带断裂，并在第二、三骶椎横断骨折，骨折的特点是骨折缘粉碎，呈明显齿状。

（2）两侧压缩骨盆：骨盆横径缩小，纵径扩大，耻骨和坐骨向外弯曲及向下扭转，髂骨翼受压缩。出现髋臼及髂骨翼双面骨折，骶骨垂直骨折，耻骨上、下支在闭孔处骨折。骨折处呈粉碎状（图2—26）。

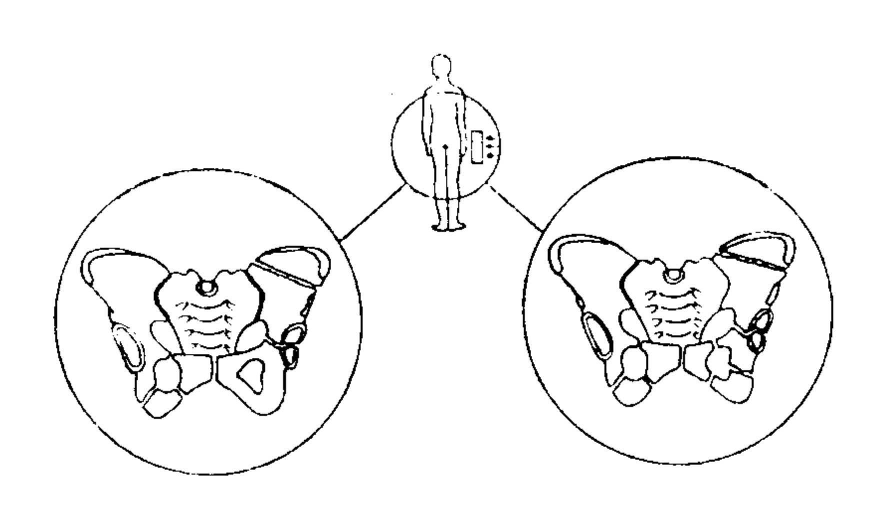


图2—26　钝器侧面打击骨盆使髋骨骨折

（3）外力从前面打击骨盆：骨盆纵径缩小，骨盆前部受压而弯曲，迅速产生局部变形，直接造成耻骨联合破裂，耻骨上、下支骨折，间接形成骶髂关节破裂。损伤部位的特

征是形成多发性碎骨片及带状凹陷面，或阶梯状骨折。

（4）外力从侧面打击骨盆：外力着力处的髋臼部位严重压弯，骨盆前部向前突出，造成髋臼骨折、髂骨骨折，耻骨及坐骨间接骨折，骶髂关节裂痕。

（5）外力从后面打击骨盆：骶骨嵌入骨盆腔，破坏一侧髂骨，髋臼以上骨盆位移，着力处骶骨骨折，骶髂关节破坏，间接造成髂骨翼后部及髂骨体部骨折，耻骨联合从内面开始破裂。

（6）臀部下蹲着地，还可造成尾骨骨折，坐骨结节及耻骨下支骨折。

6.长管骨骨折机制

四肢长管骨骨折按外力作用方式不同，产生不同的骨折机制。

（1）外力作用方向垂直于长管骨长轴时造成的骨折：此类骨折在长管骨中占多数，常见于交通车辆事故和工具凶器打击案件，骨骼受弯曲、拉伸、压缩作用而变形。

这种长管骨骨折机制可用下述实验来证明：支撑长管骨两端，在骨干中央部分慢慢施加压力（静荷载），随着荷载增加，骨干逐渐向下弯曲，挠度也增加。在骨干直接受压部位（上面）受到挤压，该处出现压应力；而外力作用相对部位（下面）受到拉伸，在最大弯曲部位，拉应力最强。由于骨骼受拉能力低于受压能力，因此，在下面拉应力最集中点首先发生骨质破裂，骨折线斜向行走，渐渐向上散开，侧面观察呈三角形或扇形分布。基底朝向外力作用方向，这就是长管骨横断的过程（图2—27）。骨折线所以呈扇形分布，分叉行走，是由于受压一侧骨质强度增加，使骨裂线在薄弱

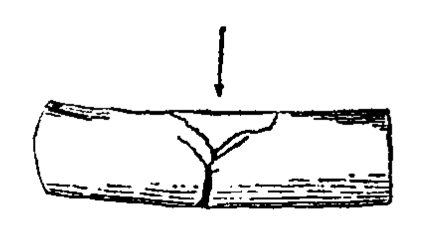


图 2—27　外力垂直于骨长轴作用下造成的骨折呈三角形

部位通过。

根据川濑千雄对 139 例长管骨的冲击试验观察结果，其受击部位骨干侧面骨折线的形状（以尺骨为例）如表 2—2 所示。

按骨折线出现的频度，在图 2—28中标出骨干四个理想面上骨折线出现的情况。图中A 为受冲击面，B和D为两个侧面，C为冲击的对侧面。

表2—2　骨干侧面受击部位骨折线的形状

	基本型	亚型	例数	百分率	百分率置信区
Ⅰ型			76	54.7%	46.3—62.7
Ⅱ型			39	28.1%	21.4—36.0
Ⅲ型			6	4.3%	1.9—9.1
Ⅳ型		复杂骨折线	18	12.9%	8.3—19.6

注：可信限为95%。

其中尺骨和桡骨受冲击部位的周径和直径均较近似，骨折线形状的差别也较小。股骨冲击面可见到大体平行的骨裂线，侧面表现为较整齐的楔形分布。胫骨呈三棱柱状，故出现的骨折线也较乱。

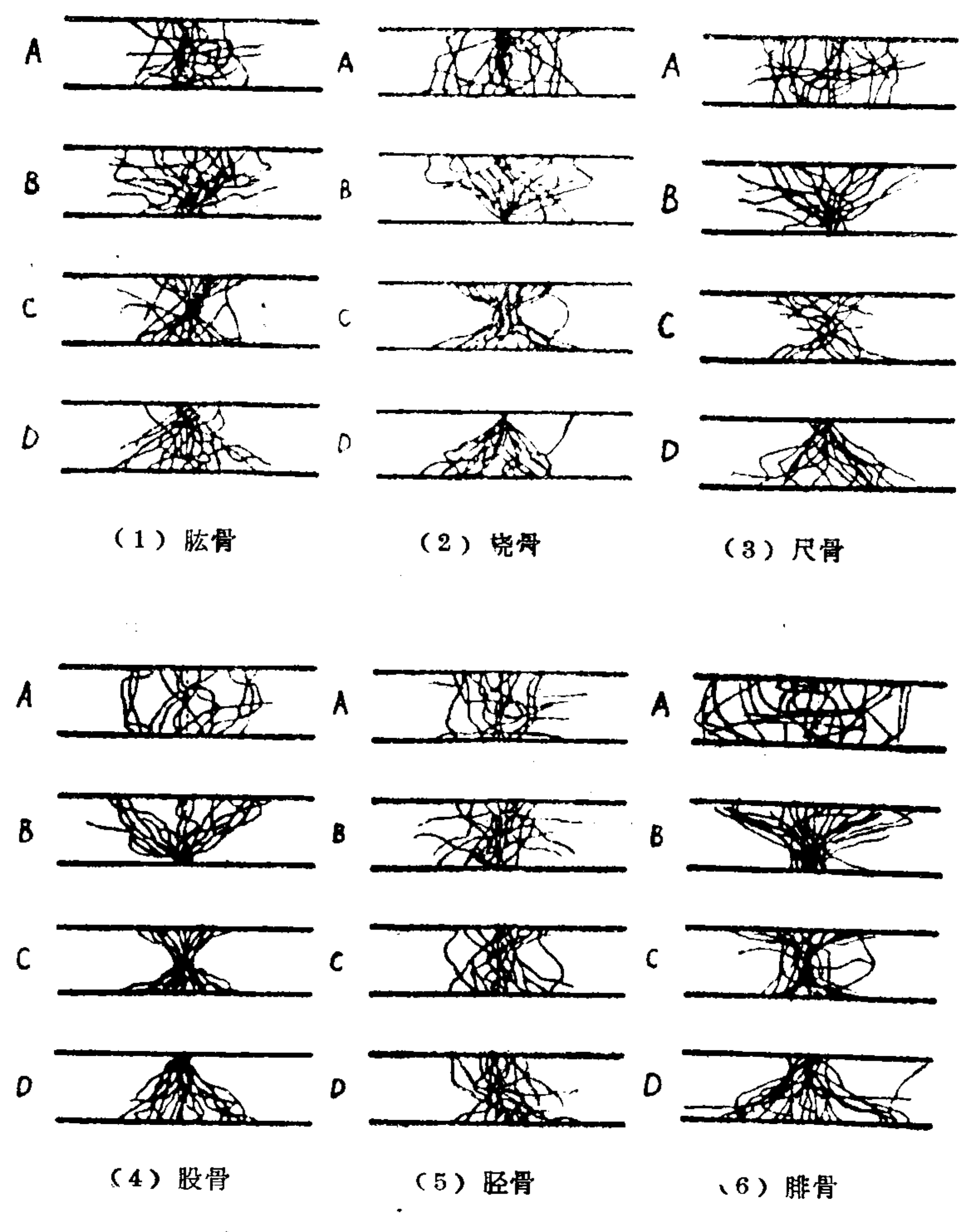


图 2—28 四肢各长管骨骨折线形状

冲击造成楔形骨折时，其冲击点和骨折线出现部位之间的关系为：冲击点大致在楔状骨折底部中央，占73.6%；在骨折区近端的占17.2%；在骨折区远端的有9.2%，见表2—3。

表2—3 冲击点和骨折线出现部位之关系

外力作用点	例数	百分率%	百分率置信区
远端（冲击点位于楔状骨折底部中央）近端	56	73.6	62.7—82.1
远端（冲击点位于骨折区近端）近端	13	17.2	10.3—27.0
远端（冲击点位于骨折区远端）近端	7	9.2	4.5—17.8

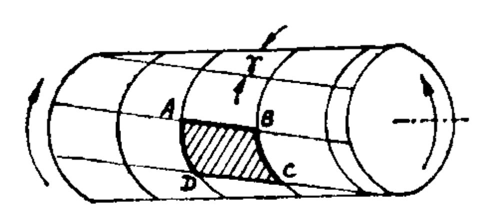
注：四肢靠近躯干的部分称为近端，远离躯干的部分称为远端。图中虚线区即为受伤范围。

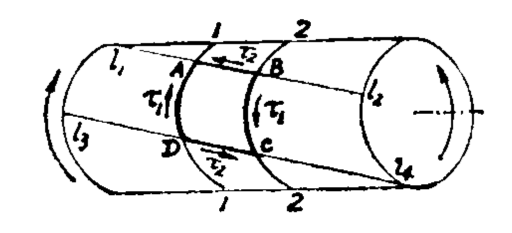
骨骼受冲击破坏时，由于吸收能量有一定限度，超过这个限度就发生骨折。骨骼吸收的能量愈大，强度愈高。长管骨吸收能量大小按以下次序排列：股骨>胫骨>肱骨>桡骨>尺骨>腓骨。各骨破坏时吸收能量的情况见表2—4。

表2—4　骨骼破坏时吸收的能量

骨名	例数	能量平均值（公斤·厘米）	标准差
肱骨	26	30.4± 8.6	21.4
桡骨	25	19.0± 4.4	10.8
尺骨	24	18.3± 5.1	12.1
股骨	13	81.9±18.1	30.5
胫骨	26	61.9±22.1	54.6
腓骨	25	15.8± 4.9	12.1

（2）扭转造成的长管骨骨折：管状骨由于单纯扭转形成骨折的机制，与材料力学中杆件扭转破坏是相似的。采用材料力学的方法，在长管骨表面用两种线条画上网格，一种线条是与骨干纵轴平行的纵线，另一种线条则是与纵轴相垂直的圆周线（图2—29），在骨两端扭矩的作用下，所有纵线都被旋转一个同样的角度γ（扭转角），使长方形的网格被扭成菱形。此时，骨干轴仍然保持直线，横截面保持平面，截面之间的距离也没有改





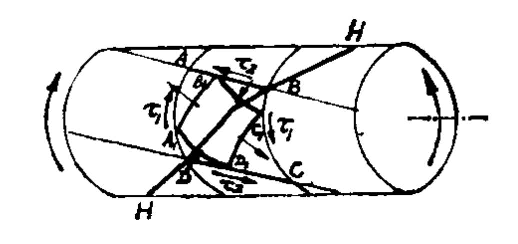


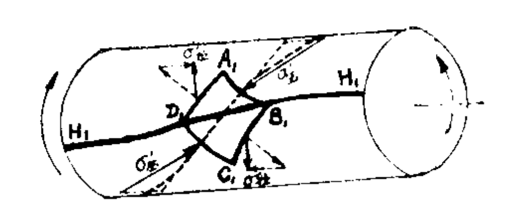
图2—29　单纯扭转造成长骨骨折机制图

变，只是在骨干横截面上由于相对转动的旋转力矩，使骨组织受到剪切力，产生两个相邻平面之间的位移变形。

如果在骨干表面取一块ABCD面，通过纵线 l_1-l_2 及 l_3-l_4、横截面1—1及2—2。在两个截面的边缘上有正切向应力 τ_1，作用方向彼此相反；在两条纵线上则产生正切向应力 τ_2。根据ABCD小块在位移变形时的应力状况，即可得知在 $A_1B_1C_1D_1$ 面上有拉应力（$\sigma_{拉}$）和压应力（$\sigma_{压}$）的作用，其值与正切向应力（τ）相等。$A_1B_1C_1D_1$面与单纯位移的ABCD面彼此成45°角，螺旋线（H—H）的主要法线向应力即按45°角的走向。由于骨质耐受拉力比较差，因此，在沿螺旋线的主拉应力的作用下，骨质发生破坏。在此螺旋线上作垂线，即可确定任何一端的转动方向。

这是单纯扭转骨折的典型形式。但实际上骨骼形状不一，各向异性，作用的外力也比较复杂。例如，在弯曲变形与扭转变形同时存在的情况下，螺旋线的方向会有较大改变，这种现象与 $A_1B_1C_1D_1$ 上骨干凹面受扭转而产生拉应力及压应力的作用有关。此外，它也受到沿骨长轴走向的弯曲压应力（$\sigma_{弯压}$）的附加作用。内部应力的矢量和证明，靠近骨干横截面附近的主拉应力不断下降，压应力在顺骨干走向则不断增加，因而造成螺旋线在该区沿骨干方向（H—H）扩散。所出现的压应力（$\sigma'_{压}$）由于同时有横向拉力，因此增加了骨质破坏的可能性（图2—30）。

在骨弯曲的另一面，则出现弯曲拉应力及扭转压应力，其矢量和证明，主拉应力在靠近骨纵轴处增加，靠近横向的压应力则减少，这种现象导致螺旋线在骨干横向区内扩展。



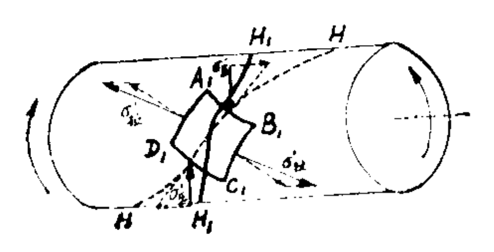


图 2—30 长管骨干弯曲扭转骨折机制图

（3）外力作用部位不同所造成的下肢骨骨折特征及机制如下：

①股骨处于生理位置足位负荷（高坠）时，股骨颈部弯曲，颈干角减小，上端外侧受拉，下端受压，造成股骨颈骨折。颈部上面骨折线明显，边缘锐利，下面致密质脱落或粉碎。如果转子下部位弯曲，骨组织外侧受拉，内侧受压，则出现转子下骨折，形状为横向或外高内低的斜向骨折。膝关节处于生理体位时高坠，由于胫骨髁间隆起的楔形作用，使髁间窝拉应力集中，干骺端骨干弯曲，骨干前面受拉，后面受压，使股骨远端产生垂直骨折，骨裂线经髁间窝、干骺端直到骨干部位消失。

②从股骨骨干前方打击时，骨干打击面受压，反面受拉，发生股骨横向骨折，边缘呈直角，从侧面观察常见有分叉骨折线从反面走向打击面，形成底向打击面的三角形碎片，或扇形骨裂。

从前方打击股骨远端部位，使远端骨骺弯曲，骨组织后表面受拉，前表面受压，髁窝及膝腘面上的拉应力造成髁间裂开，前表面骨质脱落或粉碎。

从侧面打击内髁部位，则内髁弯曲，骨质外表受拉，髁间窝部位受压，造成内髁单独骨折，外表层损坏。

③胫骨骨干前面受力，则骨干受打击面压缩，突出面受

拉，造成胫骨横向、斜向骨折，骨折面呈锯齿状。

从前方打击胫骨粗隆部位，骺干端弯曲，胫骨近侧部斜向骨折，前面骨折脱落或粉碎。

胫骨骨干压缩时则容易造成纵向骨裂。

④股骨骨干发生扭转伤时，在骨干的上部及中部三分之一或下部三分之一处出现螺旋状骨折，其螺旋方向从上向下向里；如果扭转同时伴有弯曲，则骨干前受拉，后受压，可能出现螺旋形碎片骨折。胫骨扭转骨折与股骨相仿。

（三）形成骨骼损伤的外力作用方式

外力作用于人体，造成骨骼损伤，有两种情形：一种骨损伤是外力直接作用的结果；另一种骨损伤是出现在远离外力作用区，由于力的传递而间接形成的。前者称为直接暴力造成的损伤（直接损伤），后者为间接暴力造或的损伤（间接损伤）。

1.直接暴力造成的损伤

这是法医损伤学中主要的损伤形式，其特点是凶器（物体）打击、接触范围或附近造成的大小不等、轻重不一的损伤。损伤的性状有时能反映出凶器与机体相接触部位（接触面或作用面）的特征，这是根据损伤推断凶器的重要物质基础。

根据机体在形成损伤时所处的不同状态，可将损伤形成过程分为三类，即加速运动造成的损伤；减速运动造成的损伤；挤压造成的损伤。

（1）加速运动造成的损伤：这是处于相对静止状态的机体受到运动着的物体的作用（或凶器打击），使机体改变

原有状态，由相对静止转变为运动，速度由零值或很小值逐步加大，此时，机体的加速度造成骨骼变形而破坏（图2—31（1））。例如凶器打击造成局部损伤，交通工具碰撞造成的损伤，以及飞石造成的损伤等等。

（2）减速运动造成的损伤：系处于运动状态的机体撞击于相对静止的物体或障碍物上，急剧改变机体的原有运动速度，使速度由某一定值下降到零。机体由运动转变到静止状态，使骨骼发生变形而造成损伤（图2—31（2））。如高坠，即运动的机体撞击在地面上，造成机体与地面接触部位的损伤；运动着的头部、肢体，撞击在障碍物上造成的损伤；人体摔倒时所造成的损伤等等。

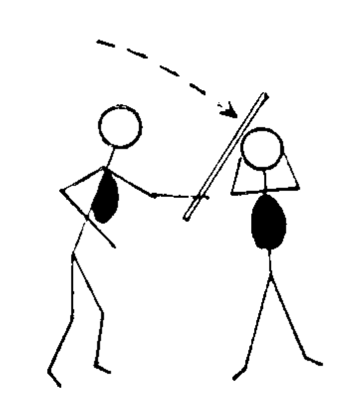
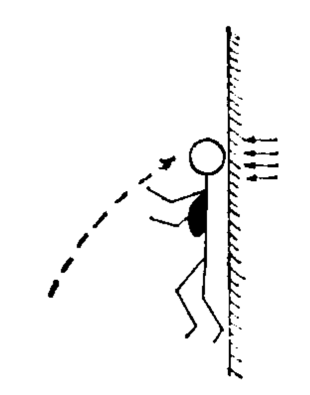


图2—31（1） 加速运动造成的损伤示意图



2—31（2） 减速运动造成的损伤示意图

（3）挤压造成的损伤：是由于暴力作用，使人体先加速、后减速而造成的混合型损伤。这种损伤可以因相对的两个直接暴力对机体挤压而形成，也可以因颅盖受暴力打击，使颅骨在外力和脊柱之间受到挤压而造成。此类损伤最常见于交通车辆事故所造成的挤压伤。

2.间接暴力造成的损伤

这是指身体某一部位受到打击或碰撞，使作用的外力传递至身体其它部位所造成的损伤。这种损伤可以单独存在，也可以与直接损伤同时出现。间接损伤的特点一般是发生在深部组织器官，而浅表部位不出现损伤。由于不是物体接触面直接造成的损伤，因此，间接损伤不反映接触面的特点，在法医外伤学中，可依此分析外力的传递路线，从而间接确定外力着力部位。最典型的例子是臀位高坠时，外力沿脊柱向上传递，造成枕大孔周围环形骨折；摔倒时前臂支撑造成尺骨鹰咀损伤；颅盖受击，造成颅底骨折等等。

（四）影响骨骼损伤性状的因素

骨质损伤的形成过程和外力作用的方式已如前述。但在实际损伤检验工作中，经常遇到的情况要复杂得多，同样的凶器，可以造成形态完全不同的骨损伤；或者貌似相同的骨损伤，破案后证实是两种完全不同的凶器可造成。因此，研究损伤形成的机制时，有必要进一步讨论影响损伤形成的诸因素，以及诸因素之间的相互关系。只有掌握了这些因素及其变化，才有可能对损伤作出科学的分析和正确的判断。

有许多因素影响损伤的性状（包括损伤的形状、性质、严重程度、出现部位等等）。为了叙述方便起见，可以将这些因素归纳成三个方面来讨论，即凶器的状况、人体组织的状况以及作用力的状况。其中作用力这一因素对损伤的影响最大，但从造成损伤的结果来看，这三者又是互有联系的。

1.作用力

作用力有大小、方向和作用点，三者以作用力的大小对

损伤影响最大。力的大小是由物体运动的加速度和物体质量决定的。根据牛顿第二运动定律，物体的运动加速度（α）与作用于物体上的合外力（F）成正比，与物体本身的质量（m）成反比，加速度方向与合外力方向相一致。用公式表示如下：

$$F = m\alpha$$

我们从这个运动的基本公式出发，可以知道，受击对象受到（F）力的作用，必然产生加速度运动，而且只要这个（F）力持续作用下去，这个加速度（α）也将持续下去，一直到受击对象摆脱掉（F）力的作用时为止。

但是，当我们研究打击损伤的问题时，除了注意作用力（F）的大小外，更重要的是研究作用力（F）所产生的效果。这就使我们不得不对（F）力在持续作用过程中的变化特点，以及由它产生的加速度（α）的变化特点，作进一步的研究。为此，我们需要运用力学中的冲量、动量、势能、动能等一些基本概念来进行分析。

为简化起见，我们假设作用力的持续过程是等加速度运动的过程，这样我们就可以应用普通数学公式来讨论平均冲击力和平均加速度的问题（如果研究变加速度和变冲量的问题，就要涉及微积分方程）。在这种情况下，我们可以把牛顿第二运动定律的公式改写成为：

$$\bar{F} = m\alpha$$

$$= m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{m\ (Vt - Vo)}{t}$$

$$\bar{F}t = mV_t - mV_o$$

式中：

$\bar{F}$　受击对象所受到的平均冲击作用力；

V_o　凶器刚接触受击对象时的初速度；

V_t　受击对象摆脱凶器作用时的凶器末速度；

t　凶器作用于受击对象的持续时间；

mV_o　凶器的初始动量；

mV_t　凶器的末动量，如果凶器击中受击对象后不回弹，则此时$V_t = O$，末动量$mV_t = O$，$\bar{F}t = -mV$（负号表示$\bar{F}t$的方向与V_o的方向相反）。

由上面两个公式，我们可以知道：（1）受击对象在外力（凶器）的作用下，它所受到的平均总冲量（$\bar{F}t$）等于凶器的动量的变化量；（2）凶器的打击速度（V_o）愈大，凶器作用于受击对象的持续时间（t）愈短（如硬质凶器打击在坚硬的头颅部），则受击对象所受到的平均冲击作用力（$\bar{F}$）也就愈大，因而造成的机体损伤也愈严重。

以上我们是从打击力与受击对象之间的相互作用这个角度来考察打击损伤效果的。下面我们再从能量转换的角度对它进行一些分析。

当一个质量为m的物体从高度为h处坠落下来，正好击中了某人头部。由自由落体公式可知击中时的接触速度$V = \sqrt{2gh}$。此时，该物体在原来高处的势能（mgh），就转变为等值的动能E_k，并作用于这个人的头部，其值按下列公式计算：

$$E_k = \frac{1}{2}mV^2$$

动能E_k的单位以克·厘米²/秒²表示时称为尔格；以公斤·米²/秒²表示时称为焦耳。

由以上公式，我们可以看出，如果接触速度V很大，打击时的动能（E_k）也就很大，倘若这个动能（E_k）值超过了这个人头部机体组织变形所能承受的极限应变能，则出现损伤。反之，如果接触速度V很小，打击时的动能（E_k）也就很小，则可能不出现损伤，或只受到轻伤。

综上所述，我们可以清楚地看到受击对象所受到的平均冲击作用力，平均总冲量以及它所承受的动能，都是与凶器的打击速度有关的。凶器的打击速度愈大，上述这些物理量也愈大，造成的损伤也就愈严重。

根据肱骨和股骨的试验，将长管骨两端支撑起来，在骨干中央部位施加静荷载，当荷载为162.5公斤/厘米²时，肱骨破坏；荷载为445.4公斤/厘米²时，股骨破坏。如果用同样骨骼，在中央部位施加瞬间的冲击力（即动荷载），则肱骨在32.8公斤/厘米²时破坏，而股骨在80.3公斤/厘米²时破坏。上述实验证明，动荷载破坏骨骼所需要的能量，要比静荷载小得多。

假如用质量1100克的落体（作用面为8.04平方厘米），在不同高度自由落下时，造成颅骨骨折所需要的能量如表2—5。

如将已知重量的尸体头颅（包括头皮及内容物），以一定高度落在72公斤重的钢板上，对额部作减速冲击试验，结果见表2—6。

表2—5　不同高度自由落体造成颅骨骨折所需能量

高　度（厘米）	能　量（焦耳）	发生线状骨折次数		发生塌陷骨折次数	发生粉碎性骨折次数	例　数
		内　板	外　板			
50	5.39	1	0	0	0	1
75	8.09	5	3	1	0	6
100	10.78	2	0	2	1	5
125	13.48	1	1	2	0	8
150	16.17	0	0	1	0	1
175	18.87	0	0	0	1	1

表2—6　头颅冲击试验结果

编号	头重（公斤）	下落距离（米）	近似能量（公斤米）	骨折
1	4.73	1.02	4.75	Ⅱ
2	4.78	1.02	4.86	Ⅰ
3	4.95	1.13	5.53	Ⅰ
4	5.70	1.13	6.37	Ⅱ
5	6.48	1.43	9.20	Ⅰ
6	5.55	1.02	5.68	Ⅲ
7	4.50	1.07	4.82	Ⅲ
8	4.95	1.02	5.04	Ⅲ
9	5.25	1.02	5.32	Ⅲ
10	6.60	0.87	5.68	Ⅲ

注：Ⅰ为单个线性骨折；Ⅱ为两处线性骨折；Ⅲ为星状骨折。

由表2—5、表2—6可以看出骨折破坏与能量的关系。例如，高度相同，速度一致，调节落体的质量，则能量大的产生的骨折就重。但是，即使质量相当大，而速度很低，也难产生骨折。所以能量的变化与骨折的形成，关系最为密切，见表2—7。

表2—7 骨折与速度的关系（冲击颅盖中央部位）

质量（克）	高度（厘米）	速度（米/秒）	能量（焦耳）	线状骨折	塌陷骨折	粉碎性骨折	无骨折
1100	50	3.13	5.39				○
1370	50	3.13	6.71	△			○
1100	75	3.83	8.09	△			○
1370	75	3.83	10.07	○			△
1100	100	4.43	10.70	○			△
1370	100	4.43	13.43	○			△
1100	125	4.95	13.48	○	△		△
1370	125	4.95	16.78	○	○	○	△
5200	30	2.43	12.30				○
5200	40	2.80	16.38				○
5200	50	3.13	20.48				○
5200	60	3.41	24.58				○
5200	70	3.69	28.67				○
5200	80	3.94	32.77	○			△

注：○＝51%～100%；△＝0%～50%。

1958年伊万斯(Evans)等人研究了能量、速度、加速度与颅骨变形、颅骨骨折的相互关系，证明了在骨折形成的过程中，外力作用的时间是一个特别重要的因素。骨骼在外力缓慢作用时所能承受的荷载，要比急剧作用时大得多。例如，一个686克的尖物，在0.009秒时间内作用于颅骨，不产生骨折；即重量仅为344克的尖物，作用时间缩短至0.004秒，却造成了颅骨骨折。

下面再举例说明人在步行或跑步时撞到障碍物的受力情况。

例一：步行时撞到障碍物的受力情况。成人头重平均值约4.5公斤（一般为3.3—6.6公斤），步行速度约为每小时6.4公里，即1.97米/秒。

在此条件下，冲击动能按下式计算：

$$E_k = \frac{1}{2} mV^2$$

式中：E_k—动能（公斤·米²/秒²，焦耳）；

m—质量（公斤）；

V—速度（米/秒）；

$$E_k = \frac{1}{2} \times 4.5 \times 1.97^2 \approx 8.7 \text{（焦耳）} \approx 0.89 \text{（公斤·米）}$$

故步行时碰撞障碍物所受的能量，相当于0.89公斤重的物体落下 1 米距离时产生的动能。

例二：跑步时撞到障碍物的受力情况。跑步速度为每小时24.1公里，即6.7米/秒，则头部（4.5公斤重）撞击时的动能为：

$$E_K = \frac{1}{2}m^2V = \frac{1}{2} \times 4.5 \times 6.7^2 \approx 102\ (焦耳)$$

$$\approx 10.4\ (公斤 \cdot 米)$$

因此，人在跑步时，头部撞到障碍物的力相当于10.4公斤的重物落下1米距离时所产生的动能，比步行时所受的动能要大得多。

例三：重约142克的飞石，打击速度为30.5米/秒时，动能为：

$$E_K = \frac{1}{2} \times 0.142 \times 30.5^2 \approx 62(焦耳) \approx 6.3(公斤 \cdot 米)$$

这相当于6.3公斤的重物落下1米时所产生的动能。

根据上述三例可知，即使物体较小，由于速度较快，动能较大，同样能造成骨折。如某农村发生一起致命案，甲用22克重的坚石，在6米远处抛击乙，击中颅盖部，当即造成颅脑损伤而昏迷，随后死亡。尸体解剖见到顶骨有星芒状骨折，硬脑膜外出血。

2.人体组织状况（以颅骨为例）

（1）*颅骨的厚度和弹性*：一般来说，骨质愈厚，强度愈大。中国人颅骨的厚度已如前述。而颅底某些部位的骨板非薄，无板障，孔、沟、管分布密集，破坏了骨的强度，是骨折的好发部位。未成年人的颅骨较薄，含胶质较多，骨质弹性较强，受伤后变形骨质容易恢复，不出现骨骼损伤。老年人钙盐沉着增加，骨质变脆，受外力打击容易出现骨折。

例如，某市郊一农户主妇早晨梳头时，因孩子（七岁、男）纠缠哭闹，顺手用木梳敲击孩子头部，当即哭声骤止，倒伏在地，不能动弹，抢救无效而死。经解剖所见，右颞顶

部有一条由下向上的骨折线，骨板全层断裂，长约7厘米。硬膜外血肿，该处皮肤无明显损伤。死者生前发育不良，受伤处颅骨厚度仅2.3毫米。

（2）*颅骨的类型*：颅骨强度不仅与骨质厚度有关，而且与颅型有关。最近研究，在相同的受伤条件下，由于颅型不同，在颅骨上的拉应力和压应力的分布也不同。实验证明，短型颅的强度最大，长型颅的强度最小，这在分析损伤形成时应予考虑。

当静荷载垂直作用于短型颅的穹窿部时，所产生的拉应力出现在额鳞及枕鳞，受压区则在着力点周围、顶骨后下部、颞骨鳞部和枕骨底部。

在同样的条件下，对长型颅来说，拉应力集中于靠近额顶缝的顶骨部位和枕顶颞缝及颞骨鳞区，其它部位则出现压应力。

在颅底内面上，短型颅的拉应力聚集于边缘（周围）部位，并在骨质变薄处出现最大拉应力，如额骨眶部、蝶骨大翼和颞骨底部；颅底中心部位则受到相当大的压应力，特别是颞骨岩部和蝶鞍。

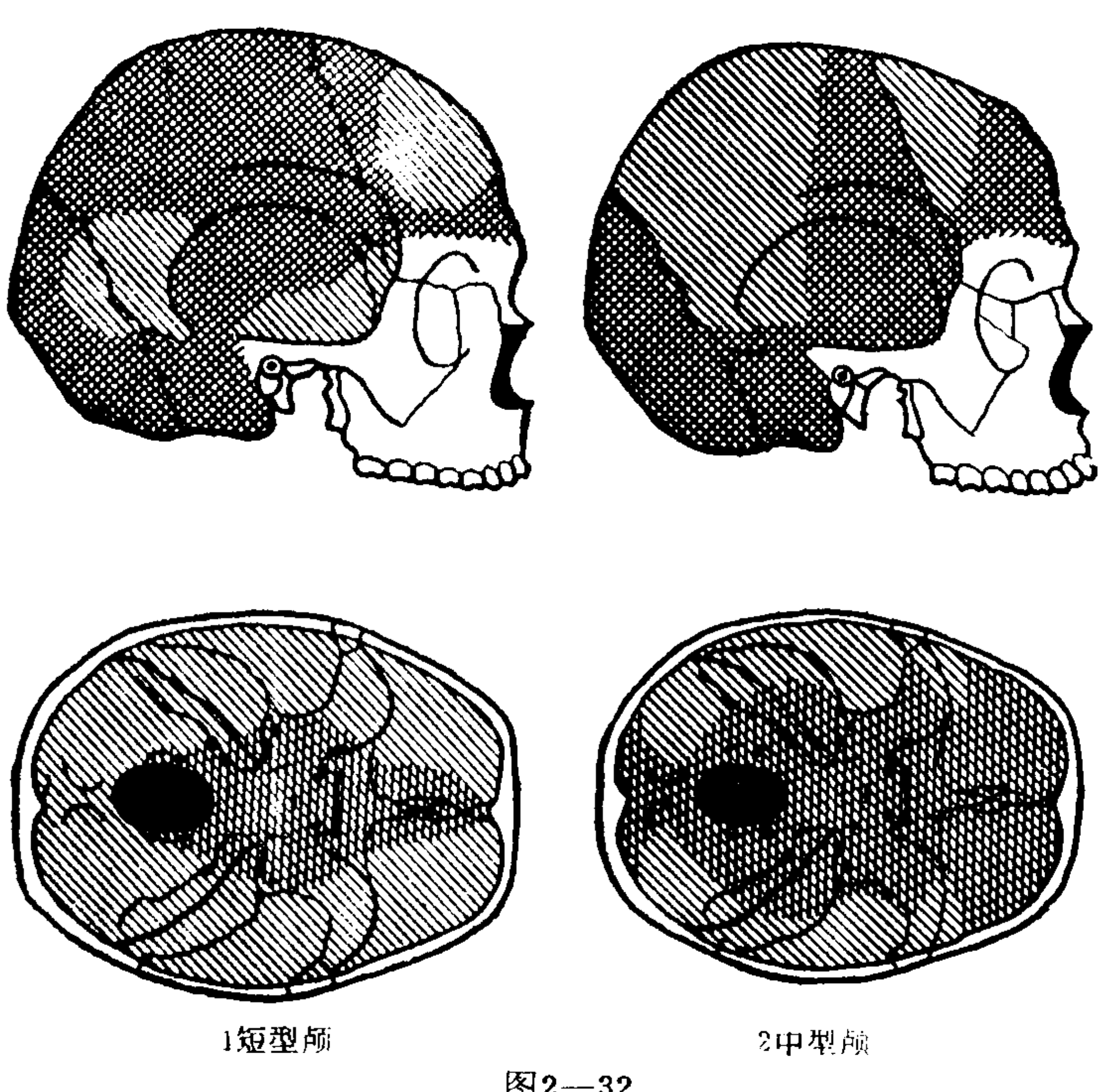
在长型颅底上，颅前窝及颅中窝部位表现为压应力；而颅后窝则承受相当大的拉应力，包括颞骨锥体的前部。

中型颅的应力分布特点介于短型颅和长型颅之间，颅盖部受到最大拉应力的是顶骨两侧面和后部，以及枕骨底部。同时，在颅中窝中心部分（蝶鞍及附近）以及枕大孔周围观察到压应力集中。

因此，在相同外力的作用下，颅型不同，所形成的骨裂也不一致。短型颅在上述条件下，出现向颅前窝扩散的额骨

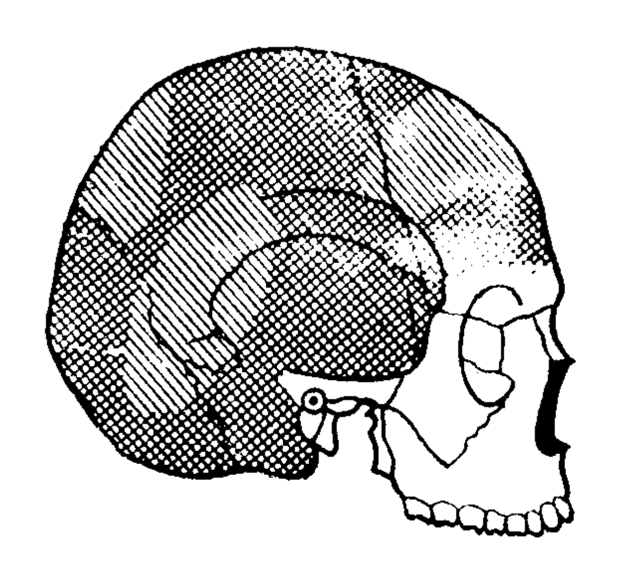
矢状骨折，很少遇到经过顶结节到达颅中窝的冠状骨折。对长型颅来说，比较典型的是在枕骨后侧部形成线状骨折，裂缝向颅后窝发展。中型颅的骨折线分布在冠状缝附近或枕鳞部位，颅底裂缝可达颅中窝和颅后窝。

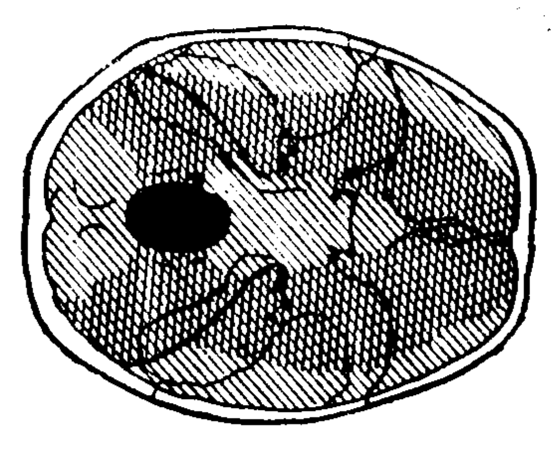
外力沿额枕方向作用时，短型颅产生额骨线状骨折，少数情况下在枕骨产生线状骨折。长型颅则主要是顶骨骨折，裂缝向顶枕或额顶处扩展。颅底的骨折在短型颅表现为颅前窝的线形骨折，长型颅则表现为枕鳞及枕骨大孔周围裂缝（图 2 —32）。



1短型颅　　2中型颅

图2—32





3长型颅

图 2—32　前后向受力时颅盖颅底应力分布

（网状线＝压应力，斜线＝拉应力。下同）

侧向受力（两颞方向）时，短型颅的拉应力分布在颅盖、额、顶、枕鳞部位，扩展到颅底，散布在蝶骨大翼；长型颅的拉应力分布在顶骨部位和颅底、颅中窝颞骨锥体部位。短型颅的损伤反映为额、顶、枕骨的冠状弧形骨折；长型颅则在顶结节部位产生矢状弧形骨裂和沿矢状缝的弧形骨折。颅底骨折在短型颅位于颅中窝，向蝶鞍及蝶骨大翼扩散；长型颅的骨折线则与颞骨锥体相交，可能穿过小脑窝

（图 2 —33）。

（3）外力作用的部位：由于颅骨结构的特殊性，外力作用于颅骨的不同部位时，所出现的损伤也有不同。颅骨穹窿部各部位进行冲击试验时，可以出现线性骨折、塌陷骨折等，其骨折线也有各自的分布区域。

如果打击于额鳞部，则从冲击部位起始的骨折线多流向眉弓、眶上缘，有少数骨折线穿过冠状缝，与矢状缝平行，扩展到枕骨（图 2 —34）。

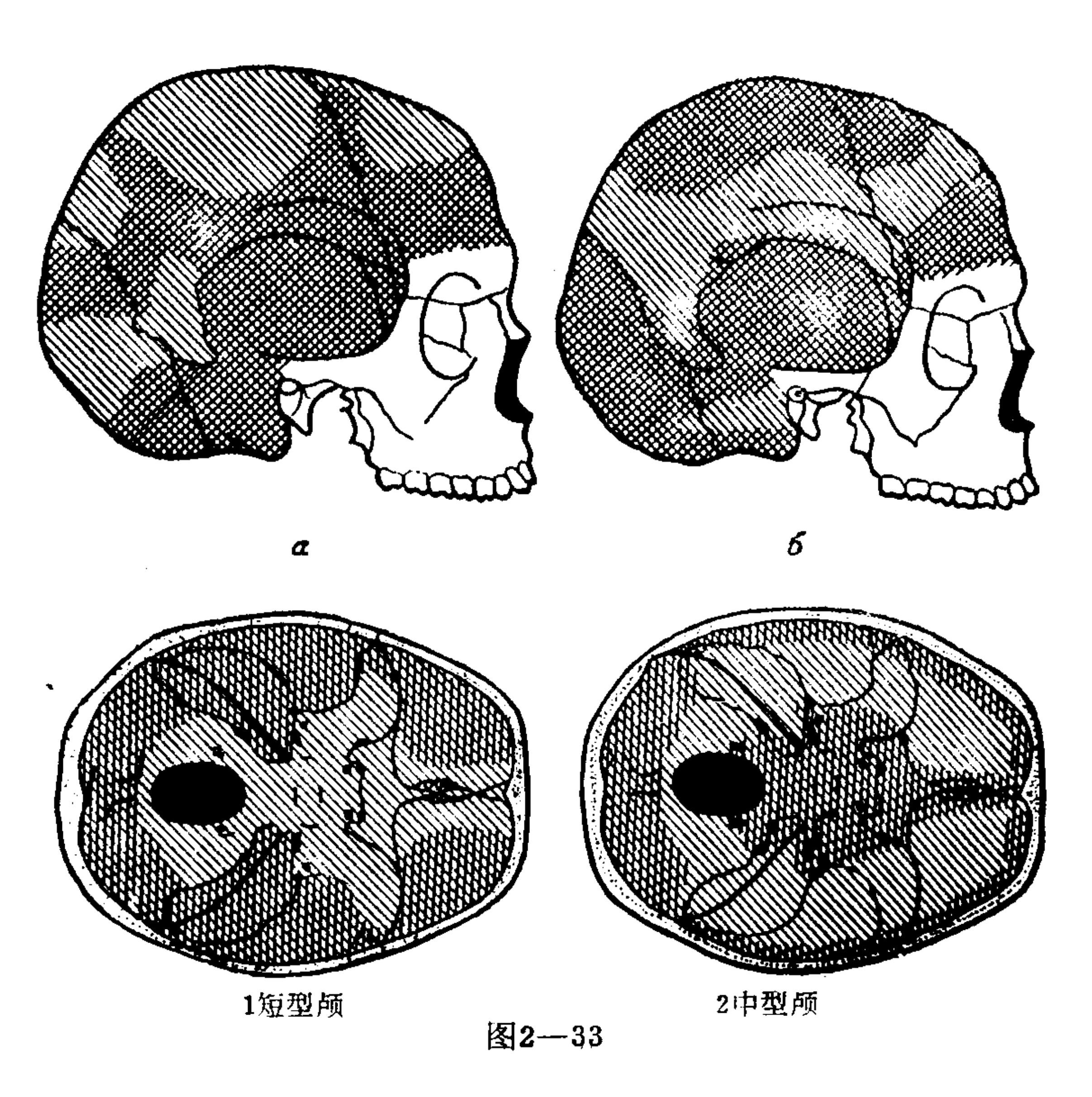
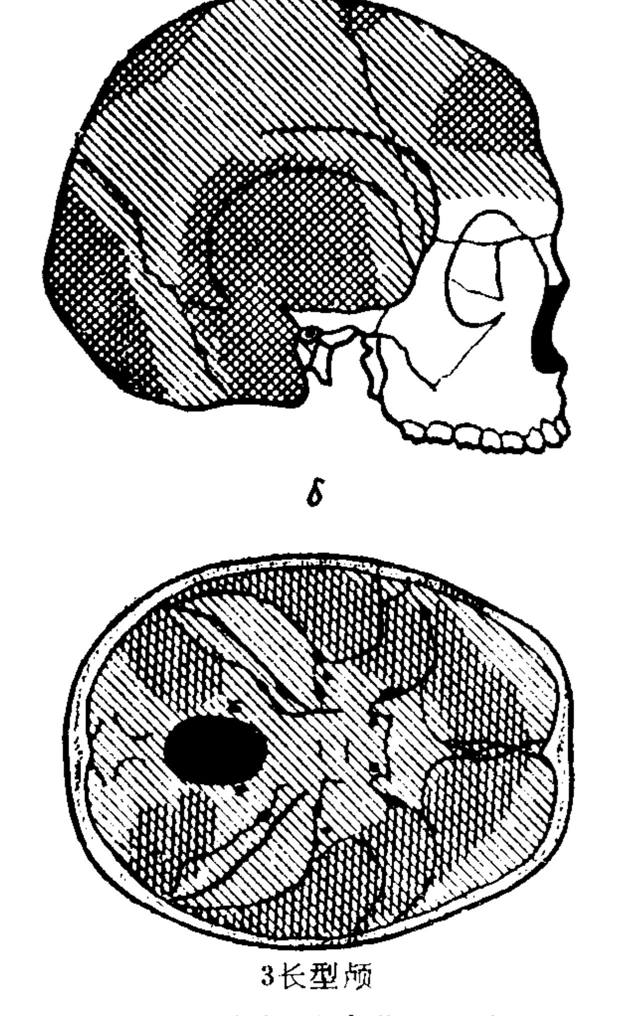


图2—33



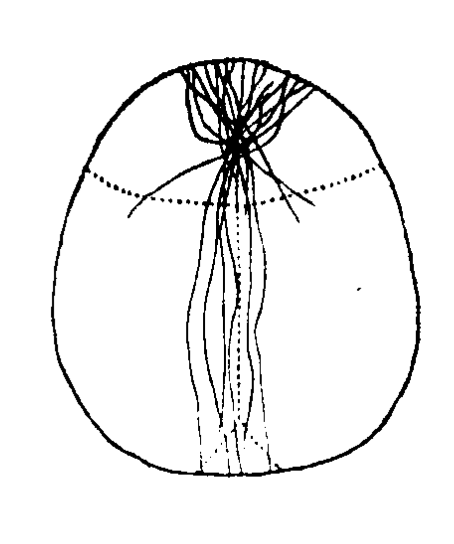


图 2—33　两颞部外力作用时颅盖及颅底的应力分布

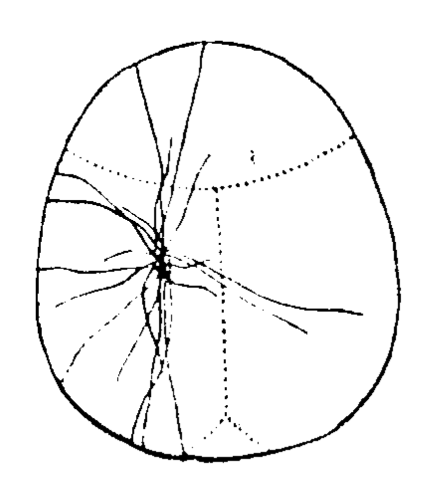
图 2—34　额部受击时颅盖部骨折走向

外力打击于左、右顶部时，由于左右颅盖骨的厚度大致对称，所以出现的骨折线左右相似，主要集中在顶骨，也有穿过冠状缝向额骨伸展，或穿过矢状缝向对侧顶骨延伸（图 2—35）。

外力作用于枕部时，骨折线大体平行，穿过人字缝，进入顶骨上半部，与矢状缝平行向前行走，甚至穿过冠状缝，到达额骨（图 2—36）。

外力打击于正中矢状缝处，则骨折线呈放射状散开，没

有见到偏向一边的现象（图 2 —37）。



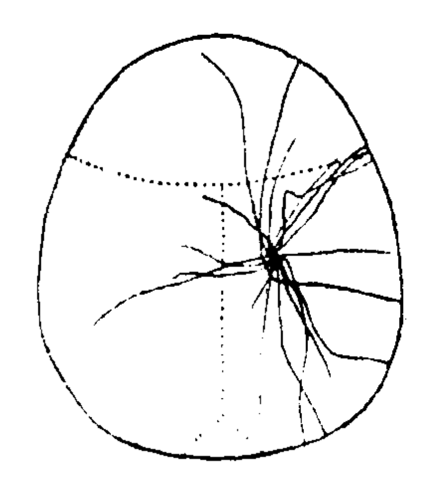


图 2 —35　顶部受击时骨折线走向（左）左顶，（右）右顶

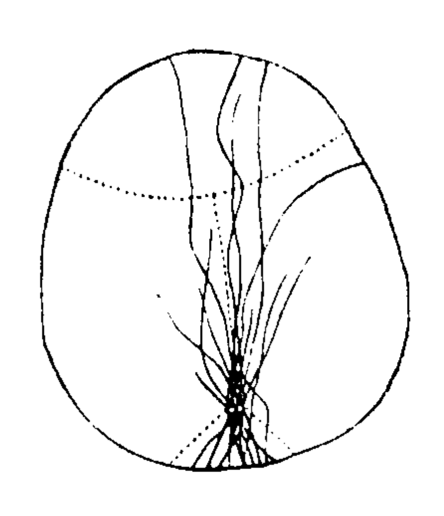


图 2 —36　枕部受击时骨折线走向

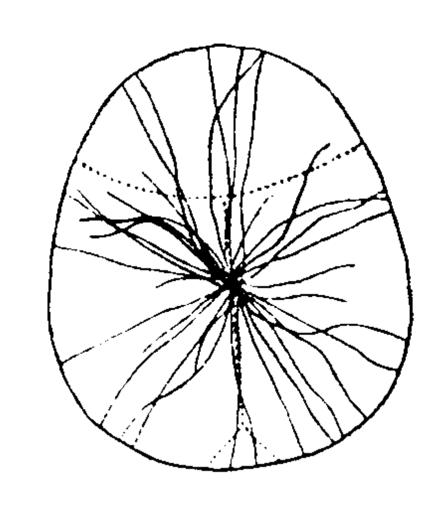


图 2 —37　正中矢状缝受击时骨折走向

（4）头部所处的状态：人的头部是可以自由活动的，当外力作用于头部时，由于头部摆动，延长了外力作用所经的时间，使 t 的数值变大，相对速度变小，因而减轻了外力作用的强度。在同样的外力下，作用于自由状态的头颅所造成的骨质损伤，要比头颅固定状态下造成的损伤为轻，甚至

不出现骨质损伤或仅出现线状骨折。但头颅处于自由状态时，受到外力作用易于因剪切或扭转而造成颅内损伤。处于固定状态的头颅受到打击时，则可能形成塌陷骨折或粉碎骨折。

（5）**衬垫物的影响**：头发、帽子及头部装饰物等在外力打击于头部时，可以成为缓冲物，延长外力作用时间，使外力得到缓和，明显减轻打击后果。例如在某地一案件中，甲、乙同时追求一女青年，乙为了达到自己的目的，趁甲坐在床上看书时，持8磅重铁锤，从背后猛击甲的头部两下而逃走。当时甲头戴厚棉帽，头部处于自由状态，送医院抢救后，一星期痊愈，X光拍照甲头部右顶骨处仅有一个短小骨裂，未出现颅内出血。

软性衬垫物能缓解部分外力，但硬性衬垫物则相反，在衬垫部位可产生近于两倍或者更多的作用力，易于造成该处骨质损伤（图2—38）。

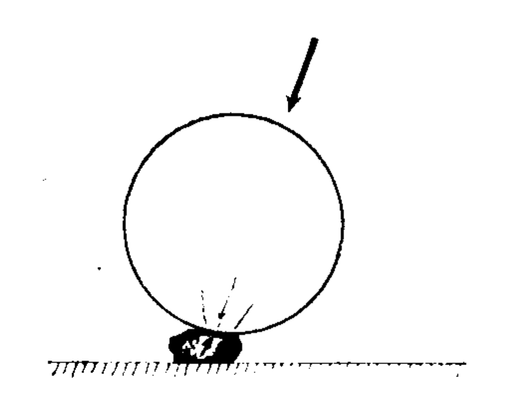


图2—38　硬性衬垫部位骨折机制示意图

对颅骨外伤来说，头皮能起到良好的缓冲作用。实验证明，用0.69公斤·米的功，作用于无头皮覆盖的头颅时，约产生118公斤冲击荷载，冲击持续时间为3.7毫秒；有头皮覆盖时，约为99.9公斤，持续时间为5毫秒。因此，头颅有头皮存在时，力作用的速度减小，作用时间延长，而最大冲击荷载则降低。图2—39为有头皮颅骨和无头皮颅骨在外力作用下的不同情况。

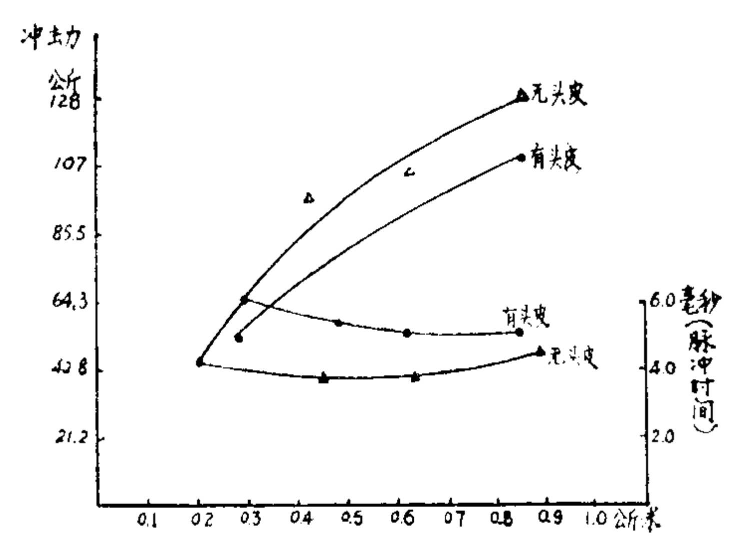


图 2—39　外力作用于有皮和无皮颅骨的不同情况

3.致伤物（凶器）的状况

致伤物的硬度、重量、打击面的大小与形状等对骨质损伤有直接影响，其中以硬度和打击面形状的影响最明显。

致伤物的硬度是相对于骨骼而言的。骨骼有一定的硬度，比骨骼硬度差的致伤物，不易在骨骼上留下压痕，而硬度大于骨骼的致伤物，则易在骨骼上留下痕迹。

打击面比较小的致伤物，在同样的外力下能形成应力集中，容易造成小范围的骨质损伤，如塌陷骨折；而打击面大的物体，外力大小相同，但单位面积上的作用力强度变小，力量分散，因此多出现线性骨折，出现塌陷骨折较少。

如果致伤物打击面有特殊形状，则作用于颅骨时，外力分布不均，突出部位应力集中，容易在该处首先出现骨损伤。

（五）骨骼损伤的形态

1.骨骼损伤的分布情况

头部是生命中枢所在，又比较突出裸露，是凶杀案件中

最常见的受害部位。据统计，在机械性损伤案件中，百分之九十以上的损伤集中于头部；而在头部损伤中，约有百分之三十四点五伤及颅骨，所以颅骨损伤是骨骼损伤中最为常见的。

根据我们对五十二例钝器损伤头骨的八十五处损伤的统计，损伤出现在顶骨为最多，共六十三处；其次是额骨鳞部十四处；颞骨鳞部及枕骨鳞部再次之。统计结果如表2—8。颅盖各骨损伤分布见图2—40。

表2—8 颅盖各骨损伤出现频率

部位	额鳞	左顶骨	右顶骨	左颞鳞	右颞鳞	枕鳞
损伤数	14	25	38	3	3	2
%	16.5	29.4	44.7	3.5	3.5	2.4
小计	14	63		6		2

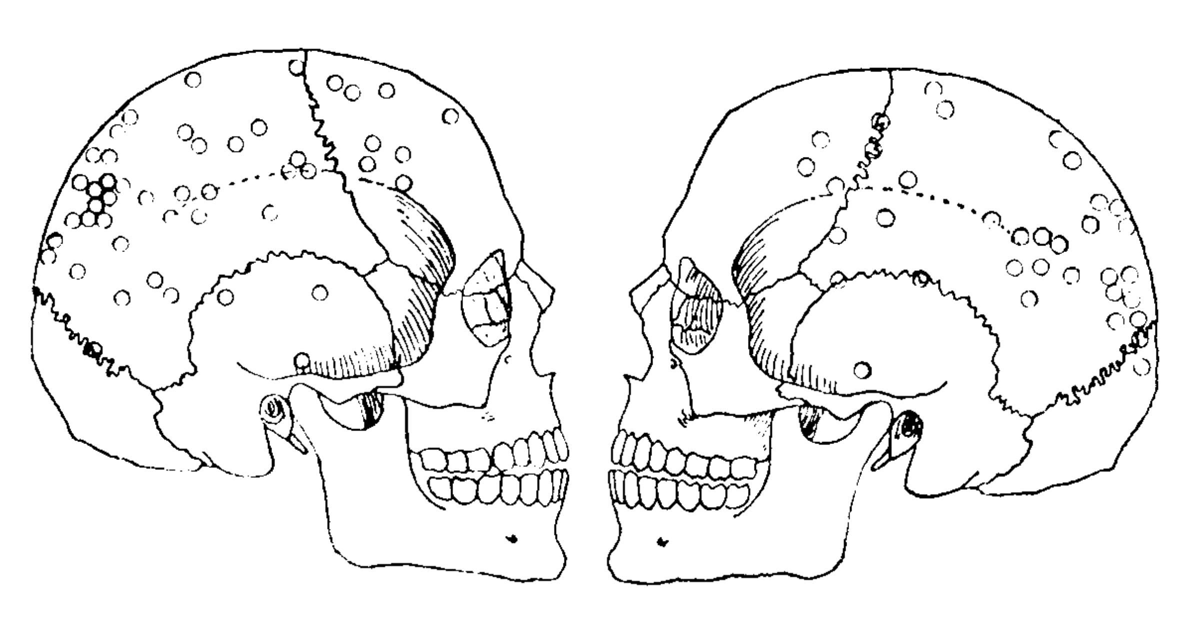


图2—40 颅盖各骨钝器损伤出现频率（左）右侧，（右）左侧

2.骨骼损伤的类型

（1）骨质压痕：这种损伤有重要的法医学意义。它是骨质受到坚硬物体冲压作用而造成骨质表面下陷变形而无缺损，称为骨质压痕。大多由于金属工具打击而成，压痕部位的板障出现轻微挤压破坏，密质骨无明显的骨折，该处手摸较平坦或略有凹陷感，侧面观察能见到压痕，显微镜下观察可见密质骨有细小裂痕。骨质压痕是外力直接作用的结果，能表明外力的着力点，同时能指示打击物体比骨质坚硬。该处的软组织一般都有程度不同的损伤（图2—41）。



图2—41 骨质压痕

（2）骨质擦伤：这是致伤工具按切线方向与骨组织发生擦蹭，或凶器突起部分按法线向冲撞而造成骨质表面脱落及出现缺损的一种损伤。这种擦伤实际上包括撞挫伤和擦划伤两种。轻度擦伤仅伤及骨质表面，留下坑凹和擦划痕迹；较重的则伤及骨板障，造成范围和深度较大的骨质缺损。骨质擦伤处软组织应有开放性损伤，故骨质擦伤面往往能直接留下凶器作用面的某些特点，反映外力作用的方向（图2—42）。

（3）线状骨折：骨骼受外力打击后，出现长线状骨


图 2—42 骨质擦伤

裂，而无骨板错位和塌陷者，称为线状骨折。颅骨的线状骨折可以单独存在于外板或内板，也可以发生全层断裂。多条骨折线互相交接，形成龟背样花纹者，称为龟裂；单一的骨折线称单发线状骨折；多条骨折线同时存在则为多发线状骨折。根据骨折线行走图形的不同，还可分别称为线形、环形、弧形、星芒状及不规则形骨折。

线状骨折的裂隙粗细不等，一般在 3 毫米以内。线状骨折在头部钝器损伤中较为常见，约占颅骨损伤的三分之一。（见图 2—43）。

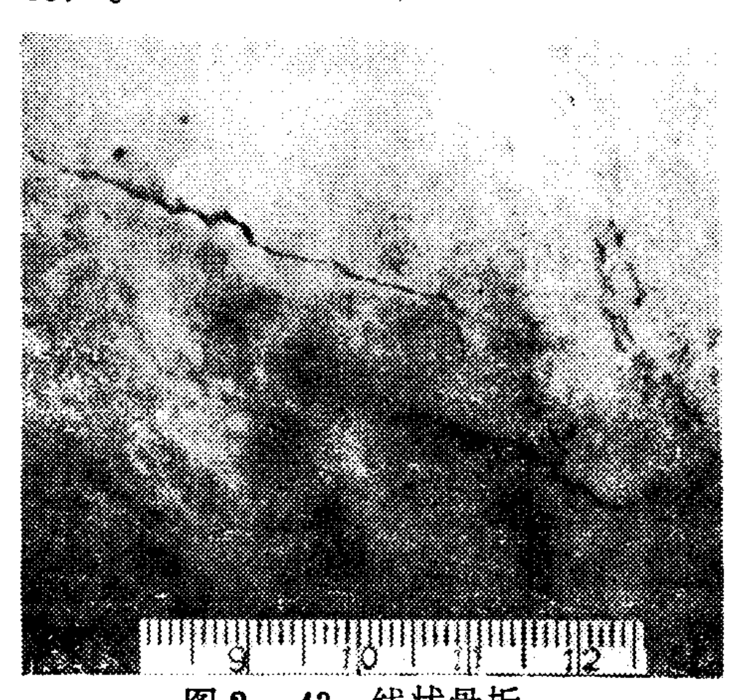


图 2—43 线状骨折

四肢的线性骨折可以按骨折发生机制分为弯曲骨折（两端固定，中部受力弯曲而骨折）、屈折骨折（一端固定，另一端受力而产生骨折）、扭转骨折、膨胀骨折（两端挤压，中部膨胀破裂）和裂离骨折（肌肉牵引造成的小块骨折）等等。

（4）塌陷骨折：亦称凹陷骨折。致伤工具的突出部分击进颅骨，造成骨板全层或单层骨折，因而发生凹陷并伴有骨裂者，称为塌陷骨折。轻度塌陷骨折只能使颅盖骨的球面外形改变为平坦面，并不向颅腔凹入。典型塌陷骨折呈圆锥形，底朝外，周围有环形骨折，尖端伸向颅腔。凹陷部分的骨外板呈星状骨裂（图2—44）。塌陷面积大小不等，突进深度也不一样，深度超过0.5厘米时，就能压迫脑组织。

单层外骨板塌陷骨折，多出现于板障发达（较厚）的颅骨，在外板骨折后，疏松的板障受到压缩破坏，使外力得到缓解，保护了内板。但法医工作实践中，单纯内骨板塌陷比外骨板塌陷更为常见，这是由于颅骨受击后，内板首先受到弯曲变形，内面拉应力集中，超过了内板能承受的抗拉强度，因而出现内板

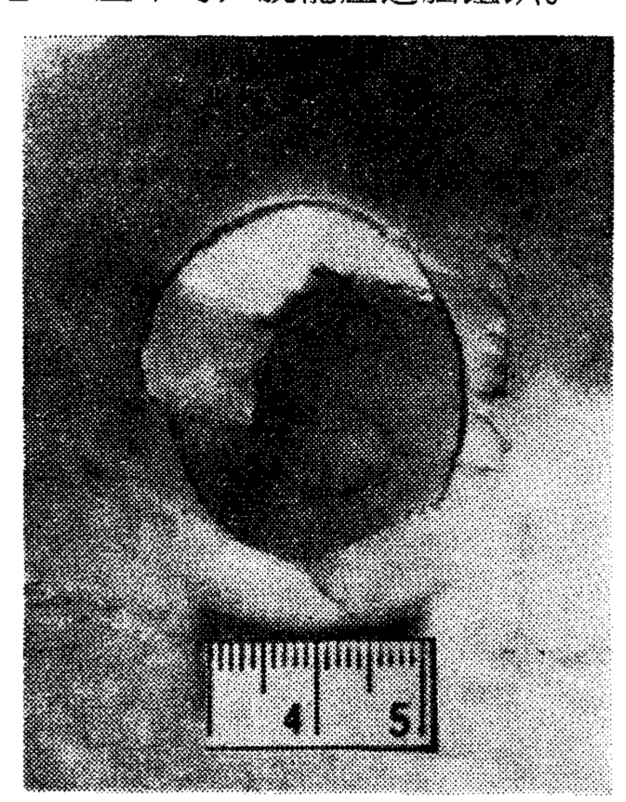


图2—44 塌陷骨折

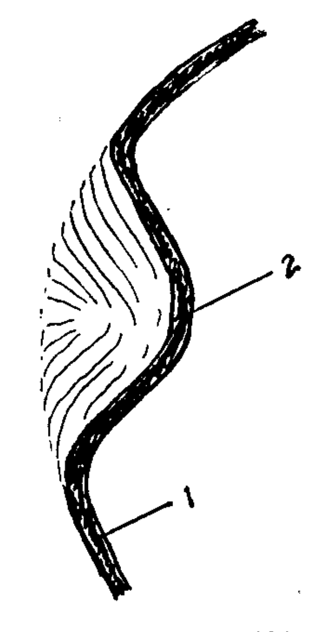
破裂，此时如外力不再继续增加，则外板不出现损伤。内外板同时损伤的凹陷骨折，其内板破损范围比外板为大，不能按内板破损范围来推断凶器作用面的大小。

凶器形状、打击部位、用力大小、打击角度等的变化，可以形成不同的塌陷骨折，如舟状、阶梯状、角形、套环形（或套弧形）塌陷骨折等。

塌陷骨折能反映致伤物或凶器打击面的特点，故在法医临案检验中具有特殊意义。由于颅骨曲率骨质弹性强度的影响，凡打击面直径在3厘米以内的铁质凶器，所造成的颅骨塌陷骨折，其塌陷范围一般与打击面直径相符或稍大。打击面直径在4—5厘米之间其塌陷范围按部位不同小于、等于或大于直径，5厘米以上，则一般塌陷范围小于直径。凶器打击面部分接触，则造成部分骨质塌陷。如果是圆形打击面的凶器，也可以根据圆形或弧形骨折的弧的曲率大小来推算其近似直径。

还有一种较为特殊的塌陷骨折，一般多见于小孩，因其骨质发育不完全，板障缺乏，骨板薄，含骨胶多而含钙盐少，故硬度小而弹性大，当外力作用时容易造成塌陷，其特点是在塌陷区周围一般不出现明显骨裂，称为“软性骨折”。这种软性骨折当头部碰撞在物体一角或地面上时也可以形成，所以其塌陷范围不一定反映出致伤物的作用面大小（图2—45）。

（5）孔状骨折：孔状骨折又称洞状骨折，以骨折区内骨片完全断离脱落成孔状为其特征。孔状骨折周围一般都具有或多或少、或长或短的放射状排列的骨折线。这种骨折线的性状能反映外力作用的速度和方向（图2—46）。



1、颅骨板、2、软性骨折凹陷

图 2 —45　软性骨折示意图

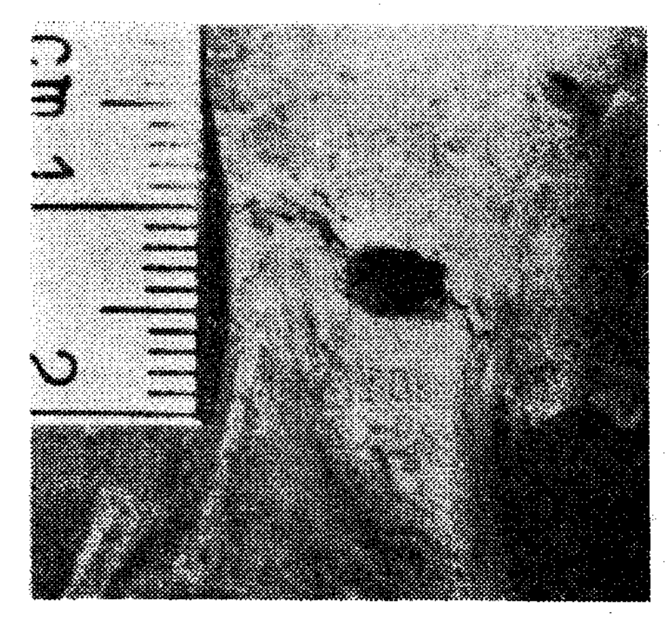


图 2 —46　孔状骨折（霰弹伤）

造成孔状骨折的凶器一般较小，质硬而重，挥动方便，能快速击穿骨板，使着力区内骨板迅速脱落于颅腔内。孔状骨折多为法线向（与骨面垂直方向）打击造成。

骨质贯穿伤是孔状骨折的一种，常见于火器伤中，一般孔径较小。刺伤也可造成骨质贯穿伤，但实际检案中较少见到。

（6）*粉碎骨折*：粉碎骨折在法医检验中很常见。此种骨折是在暴力作用下，造成局部颅骨全层碎裂而成多块游离的骨片。其碎骨片的大小、数量和形状不一，可以一次造成，也可以是多次重复打击下才出现。造成粉碎骨折的外力一般比较强大。检案中见到的碎骨片有不移位的，其骨折线呈乱网状，但仍可找出破碎的规律；也有碎骨片错位的，进入颅腔或掉出创外，在检验时必须注意收集（图 2 —47）。

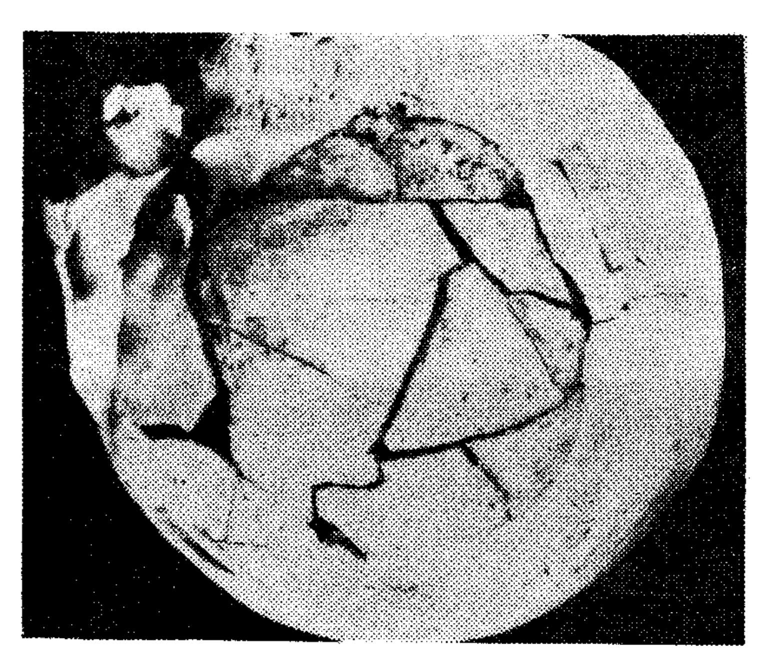


图 2—47　粉碎骨折（棍棒多次打击）

（7）全颅崩裂：为巨大暴力的结果，多见于交通工具撞击、挤压所造成的颅骨整体严重变形，产生广泛性的颅骨骨折。全颅崩裂还见于爆炸、高坠等（图2—48）。

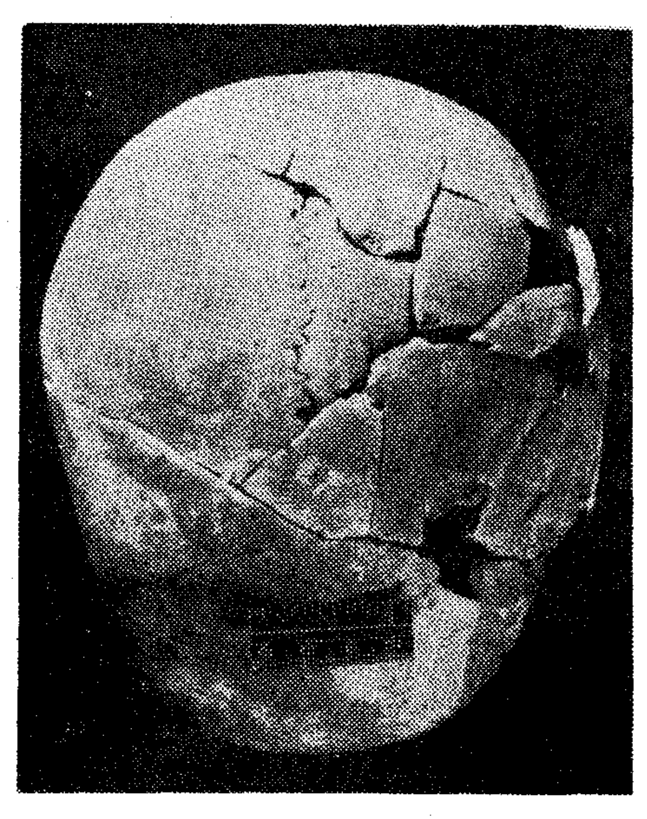


图 2—48　全颅崩裂（火车撞死）

（8）压缩骨折：是骨质在两个相对外力挤压所造成，最常见于高坠时，胸、腰椎椎体松质骨受到上下外力压缩，椎体变扁，出现水

平向骨裂。从压缩骨折可以分析外力的作用方向。

（9）划伤：系锐器尖端在骨表面造成的浅表损伤，一般不很明显，需要仔细检查。在软组织消失殆尽的尸体上，划伤是锐器伤的确征，但要注意与处理骨骼时后人造成的锐器划伤相区别（图2—49）。

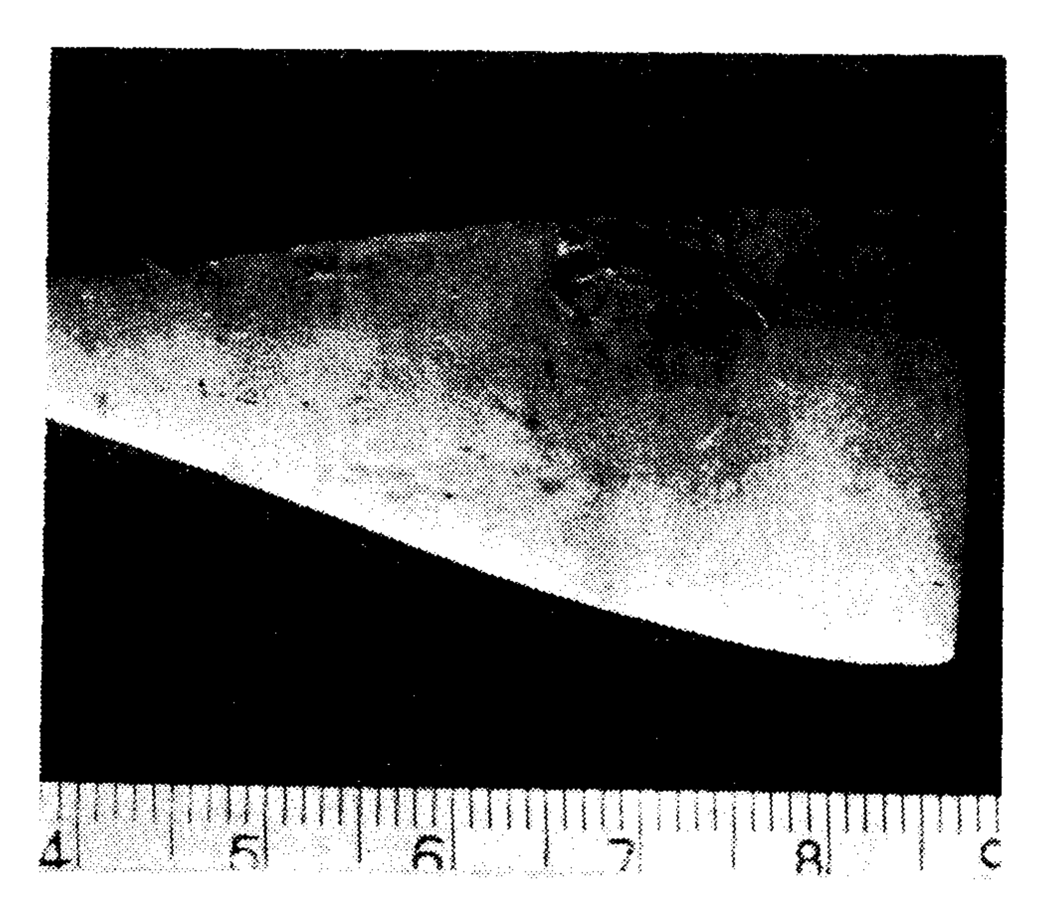


图2—49 划伤（小刀切破头皮，划伤骨质表面）

（10）削伤：是锋利的锐器沿骨质切线方向切削造成的骨表面部分骨质脱落。这种削伤面，常常留下擦划痕迹，可以与凶器试验样本作同一比对。削伤的深浅不同，可以局限于外板，也可以深入板障，甚至伤及内板（图2—50）。

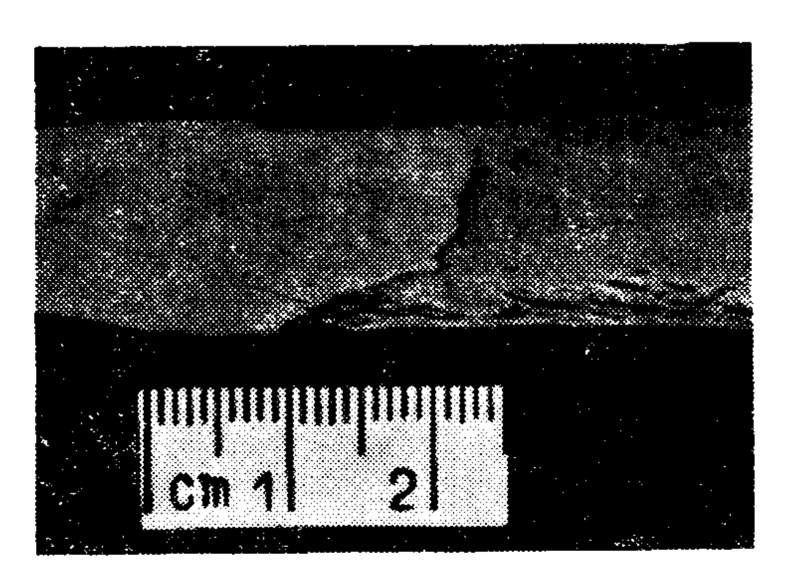


图 2 —50　肋骨下缘被快刀削伤，后受重石压迫而造成横断骨折

（11）切创：即锐器沿长轴方向作牵引性切割造成的损伤。单纯切创在骨质损伤中少见，只有锋利的刀器才能造成，多见于颈椎体部。骨质切创不同于砍创，除作用力的方式不同外，切创两端一般不出现骨裂线，而砍创两端则出现骨裂线（图 2 —51）

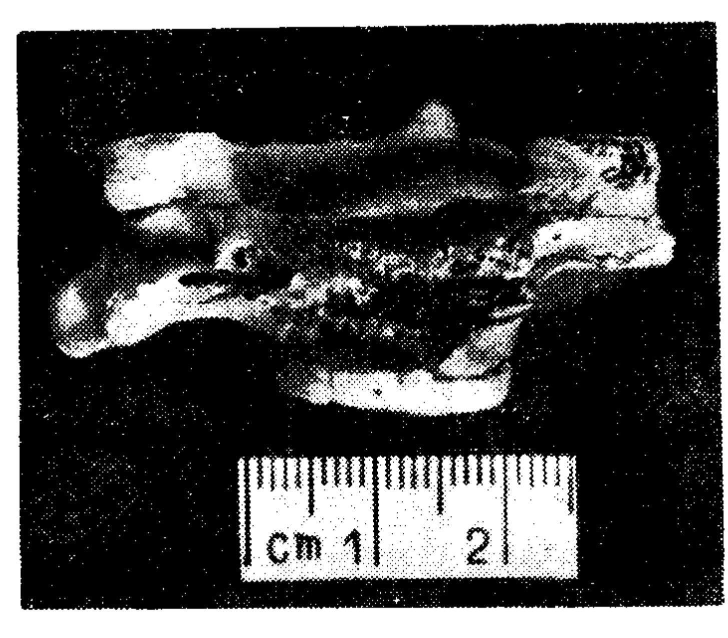


图 2 —51　颈椎多次切伤

（12）砍创： 砍创在凶杀案件中多见。骨质砍创的特点是创口较深，砍创两端有骨裂，骨裂线的长短与锐器进入骨质部分的深度成正比，创缘骨质向外翻起，并有小面积骨质剥脱。造成砍创的凶器一般便于挥动，有相当重量（图 2 —52）。

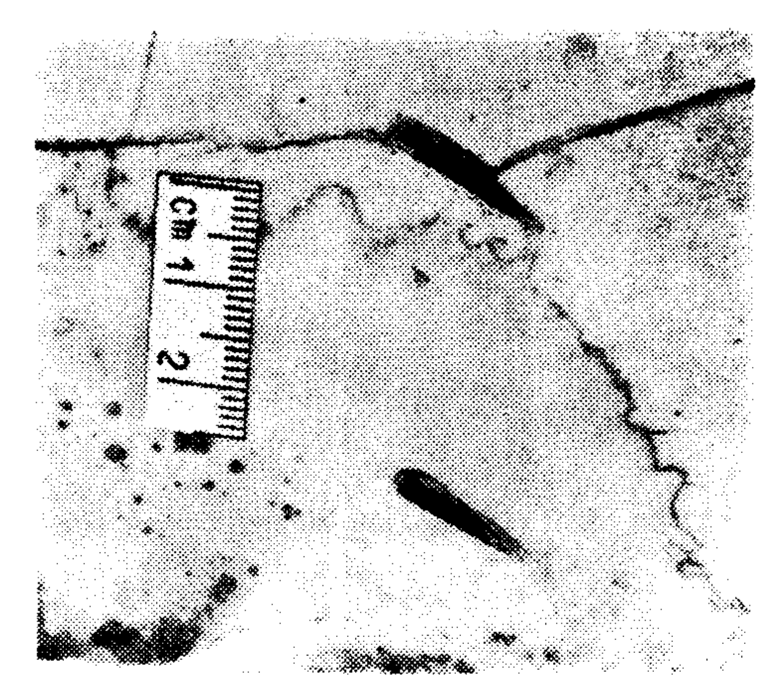


图 2 —52　斧刃一端在颞鳞部的砍伤（居下的损伤）

（13）锯创： 锯创是工具锯（包括木工锯、钳工锯、花匠锯等）形成的特殊锐器伤，一般见于分尸案中，直接用锯杀人致死罕见。骨骼上的锯痕同锯齿粗细、宽窄、锋利程度有关，其基本特征为骨骼锯切面上留有嵴与沟相间隔的相互平行的锯痕，锯面上这种花纹的排列方向与创长轴一致。锯齿粗而锋利，锯齿间距宽，则反映出来的嵴粗、沟深；反之则嵴细沟浅。钳工锯或钝锯在骨切面上不留明显的嵴沟痕迹，需借助实物显微镜观察。另外，在锯创的两端或锯面前后两缘，可见微小的骨质表面剥离、崩落，以后端或后缘为明显，剥落的骨屑也较大，按此可以推断锯切方向（图 2 —53）。

在骨创内或在附近软组织中可以发现残留的锯屑（骨粉末）。



图 2 —53　管状骨横断面（锯创）

二、不同类型凶器造成的骨损伤

（一）骨骼锐器伤

骨骼锐器伤大约占各种骨骼损伤的百分之三十左右，在凶杀或自杀案件中均较多见。按锐器的特点和作用的方式可分为切伤、刺伤、砍伤三大类。骨骼剪伤极为少见，不赘述。

1.切创：

多见于轻便锐器所形成。轻者造成骨质浅表细长切痕，一般落刀端较重，提刀端较轻，甚至只有轻度的划伤；重者出现骨质切创，两端创底均有斜形坡，创缘整齐，无明显骨质剥脱，创壁平滑，一般不留可供比对的擦划痕迹，创长而宽度很小，呈线状或小裂隙。创角无延长骨裂线，或有很短

的细裂线。切创深度都大于宽度，但很少见到切透骨板（图2—54），创腔内一般不留凶器断片。

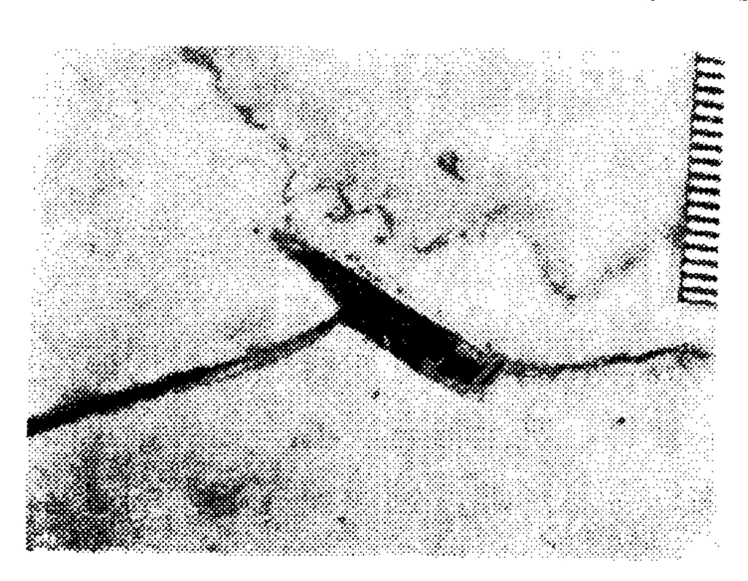


图2—54　切颈伤及颈椎体

他杀很少造成颅骨的典型切创，颈椎体的切创和颅部的切创多见于自杀，少数见于碎尸等。

2.刺创：

系尖长的锐器刺切所造成的骨质损伤。常见的刺器有尖刀、匕首、三角刮刀等。轻度刺伤仅伤及骨质浅层，重度刺伤能造成骨质穿透伤，一般深度均大于宽度，在创角和创缘常见到骨质挤压现象。颅骨骨板深度刺伤，由于凶器向前的推进力较大，骨内板可向颅腔破裂，创角有时出现细小的裂痕。刺创口大小与刺器相应部位的宽窄厚薄相同，形状与刺器横断面形状一致（图2—55）。有时在创口内留下刺器尖部断块，可供部分与整体的同一认定。


图2—55　单刃刀刺创

在刺器拔出时如有扭转或撬压，则刺

创可能扩大并有附加损伤，在实际鉴定中应予注意。

3.砍创：

是挥动砍器以锐刃进击骨质所造成的损伤。常用的砍器有菜刀、柴刀、斧、篾刀等。砍创的共同特征是创两端创底斜度小或成直角形，创角有骨裂线延长。法线向砍击时，创角两端的骨折延长线与创长轴一致，偏向砍击时，骨折线裂向砍击方向，并造成对侧骨板向外翘起。砍伤的创口较切创为宽，宽度大小与砍器刃部厚薄及砍切部位有关。在密质骨较厚部位，创壁易留下刃部的擦划痕迹，可供痕迹比对鉴定（图2—56）。刃部较厚的砍器所造成的砍创，可见周围骨质内陷。砍器的一端所造成的砍创，往往呈长三角形，三角形底部表示砍器一端相应部位的厚度，三角形尖端为刃部所造成。

斧刃造成的典型损伤，是砍创两旁骨板内陷，四周形成骨裂，呈中凹的舟状骨折，同时在砍创的一端或两端有骨折线延长（图2—57）。两侧内陷骨板宽窄不等，与斧刃厚度及砍进深度有关，一般厚度愈大，倾斜骨板愈宽。

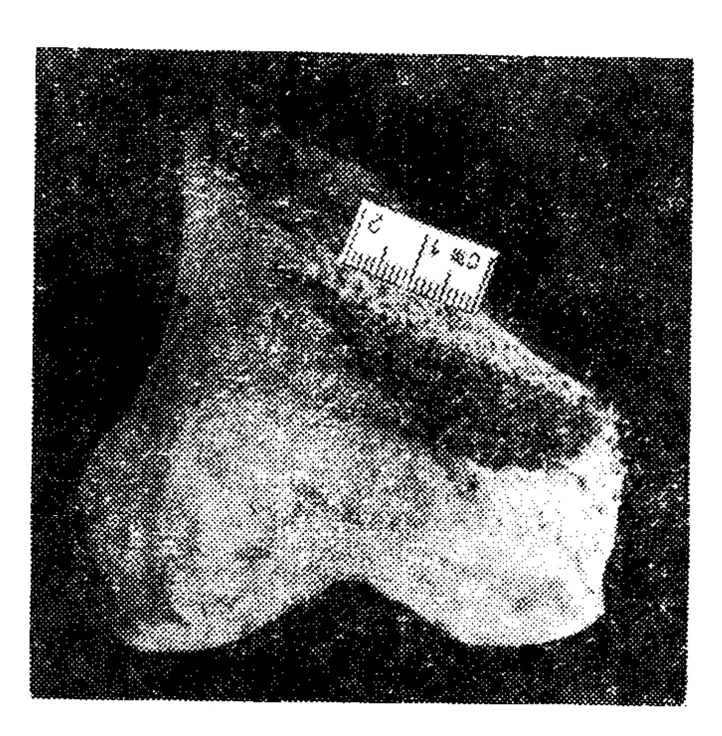


图2—56(1)　股骨下端斧刃砍创

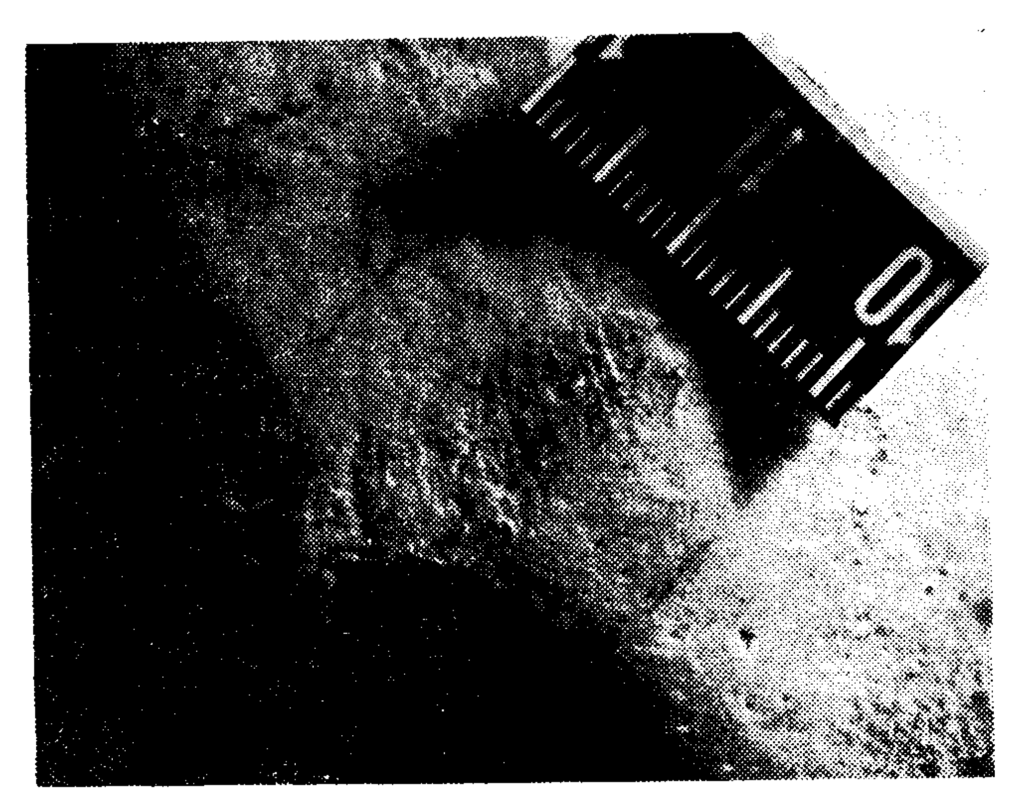


图2—56(2) 颅骨表面斧砍留下擦划痕迹

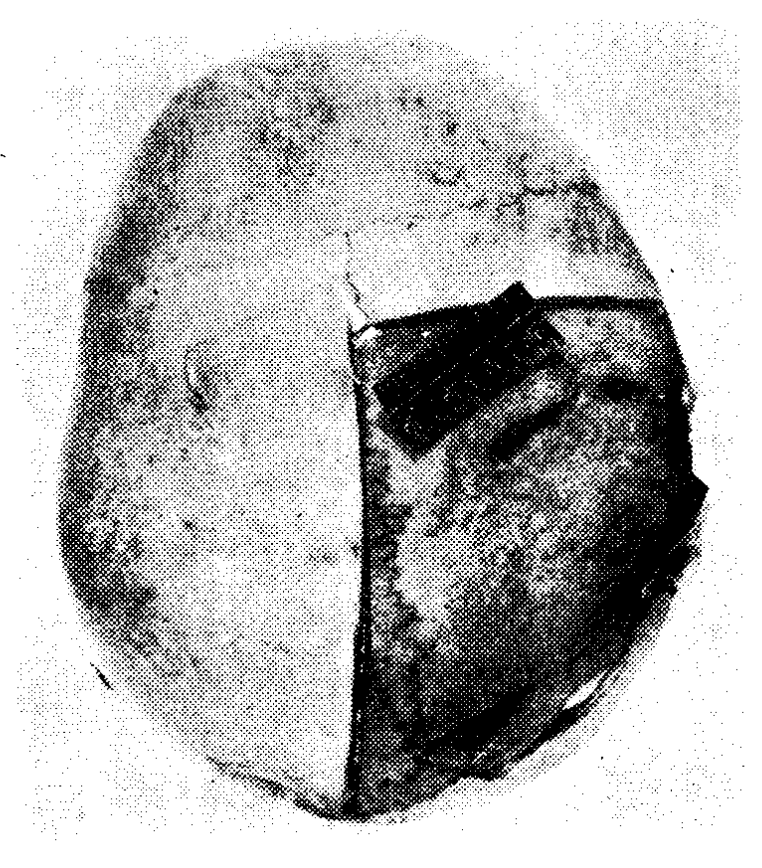


图 2 —57 斧刃砍创骨折呈舟状凹陷

砍创所以形成这些特殊损伤，与凶器对骨质的楔形作用有关，如图2—58所示。以斧砍为例，若于斧刃施力 F，则作用于颅骨的力是 F 的两个分力P与P_1。斧刃愈薄，阻力愈小；斧刃愈厚，表面愈粗糙，则阻力愈大，使两侧骨板向内压的力量越强，所造成骨板内陷范围较宽。

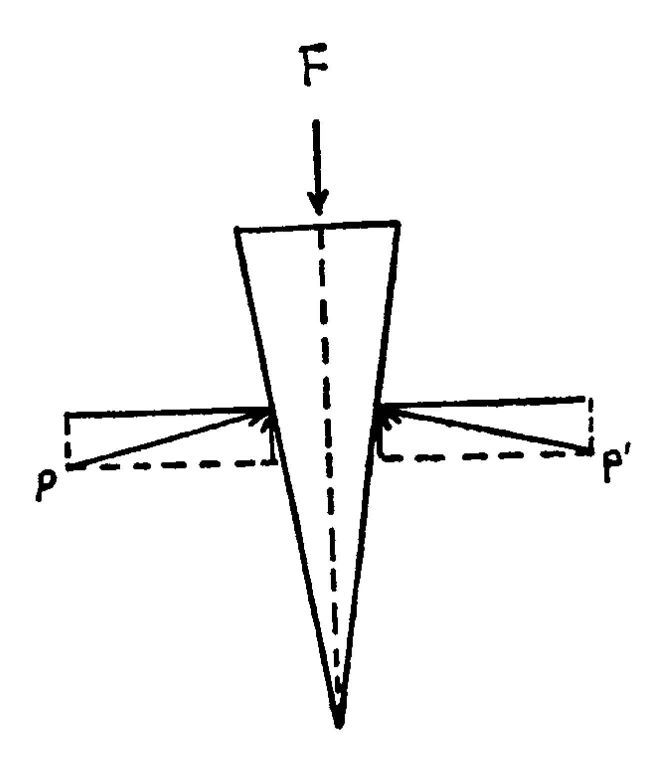


图2—58 斧刃的劈作用

钝斧或柴刀砍伤的创缘，常有骨质小崩裂，系挤压或抽出凶器时造成。

我国南方的砍柴刀，为保护刀刃在使用时免受损坏，其刃部前端有喙状突起（图 2—59），在柴刀砍伤时，此金属喙状突起可在骨质上留下特殊的特征，即砍创的一端间有小塌陷骨折，外形似“ i ”（图2—60）。

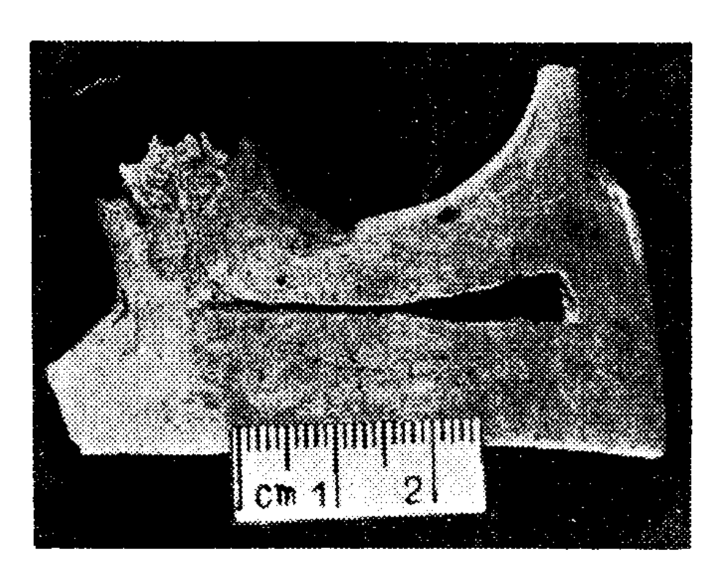


图2—59(1) 砍柴刀砍创：外板情况

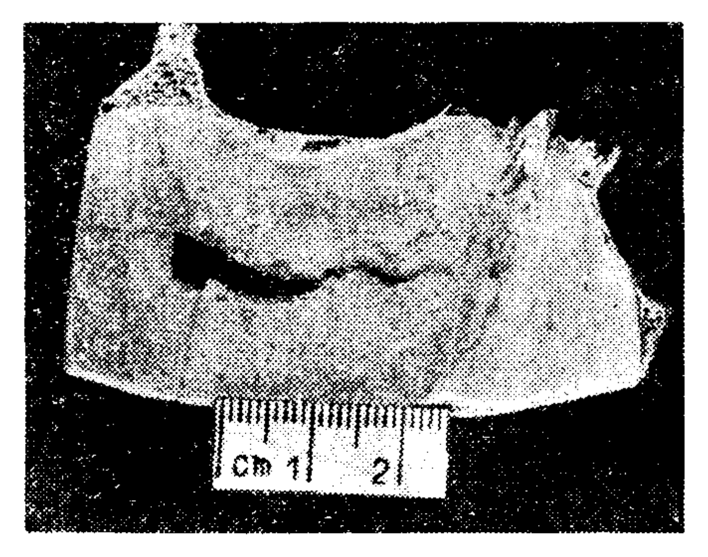


图2—59(2)　内板情况

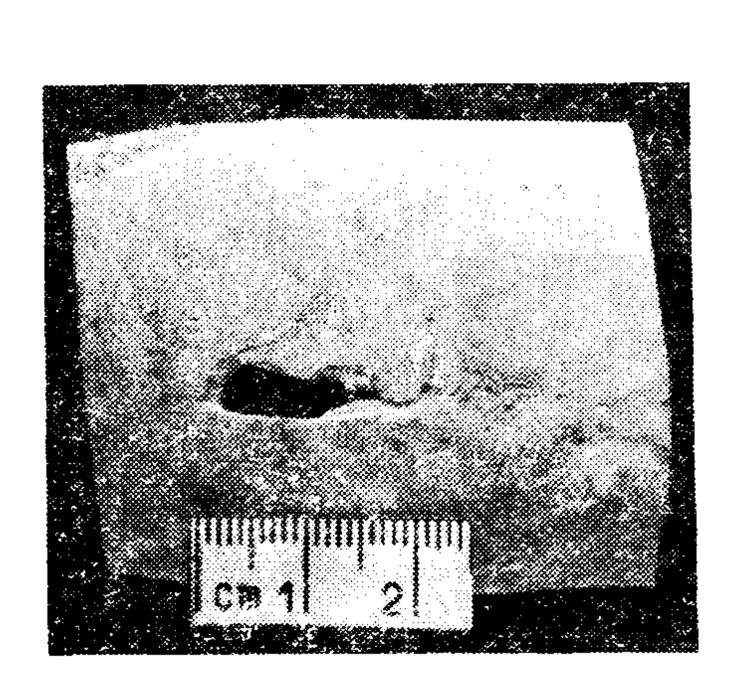
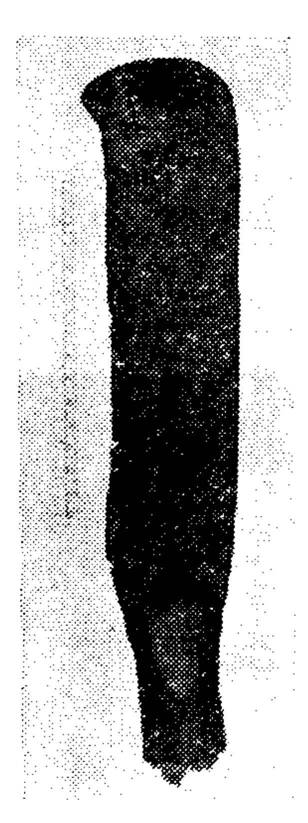


图2—60　柴刀一端砍创



凶器柴刀

表2—9为斧、菜刀、柴刀骨质砍伤的鉴别比较。

表2—9　斧、菜刀、柴刀形成的骨质砍伤比较

斧　　　　刃	菜　　　　刀	柴　　　　刀
①创口哆开度大	哆开度小	哆开度中等
②创口长度不超过10cm	可以超过	可以超过
③创角不呈锐角	呈锐角	近似锐角
④创角两端骨裂线明显	不明显或无骨裂线	不明显
⑤常见创角处创腔垂直	一般为斜坡	一般为斜坡
⑥砍创一般重而深	一般较轻而浅	中　等
⑦砍创两侧有骨板塌陷	无	很少见到
⑧创缘骨质有剥脱	无剥脱	有时有剥脱
⑨创壁擦划痕迹明显	不明显	较明显
⑩造成三角形孔状骨折	不　能	不能，但可在砍创一端有孔状骨折或塌陷

（二）骨骼钝器伤

钝器的形状和种类繁多，法医检验中通常按钝器的性状和用途不同而分为棍棒类、斧锤类、砖石类、镐锄类等等，并按损伤性状推断哪一类钝器所造成。但在实际案件中，损伤所能反映的凶器形态特征，只是凶器与人体接触的哪一部分，即凶器的作用面。作用面仅能反映凶器的一部分形态，不能包括凶器的整个形态。因此，除特殊情况以外，单纯根

据骨质损伤来推断是哪一件凶器所造成，一般是比较困难的。

钝器的外形虽然极其复杂多样，但就其作用面形态来说，则可以归纳为以下几种类型，即表面平坦形、球面形、圆柱形、条形、棱形、方形、圆形、角形，不规则形等。

1.平坦形钝器造成的损伤

作用面大而平坦的工具，以及墙壁、地面等造成的头部损伤，轻者其骨折线呈条形或星状，有的颅盖受击区产生凹形变形，周围应力集中，出现破坏，外力解除后，在颅骨上留下近似圆形的骨裂，这种圆形骨裂并不反映凶器打击面的大小（图2—61）。重者可在受力区内发生较大范围的粉碎骨折或塌陷骨折。如暴力过大亦可产生全颅变形崩裂。

摔伤是法医检案中常见的，约占颅脑损伤总数的五分之一。在此研究一下摔伤的特点很有必要，以便与凶器造成的损伤相区别。



图2—61　摔倒在平坦地面造成的颅骨骨折

人摔倒在地面所形成的颅脑损伤轻重程度不同，形态也有差异，这与人的身高、体重、年龄、体质状况、头部形状、头部撞击部位软组织的厚度和骨厚度、地面的硬度与特点、有无外加力

量（如打击或推拉）、头部有无帽子或装饰物、头发状况等等因素都有关系。

人摔倒时所产生的冲击力量很大，据计算，人自由摔倒时头部的冲击力可达1000—1500公斤，冲击力的大小与身高和体重成正比；如果是推倒的，其冲击力甚至可以超过2000公斤。因此，摔伤可以造成严重骨折，只是由于摔倒时两手有本能的支撑保护动作，所以造成前额部严重损伤较少见，而在枕部造成的骨折则多见，一般撞击点位于枕外隆突部位或其两侧，隆突以下部位只有在枕鳞扁平状或地面有突出物衬垫的情况下才有可能出现。

当撞击点在枕外隆突处时，骨折线往往在枕鳞左右两侧展开，大体沿乙状沟行走，到达颈静脉孔，骨折严重时也可到达蝶鞍，造成近似椭圆形的骨折，与足位高坠造成的骨折线相似。在枕鳞中线部位着力时，其着力点离枕外隆突愈远（即着力点位置愈高），一般骨折线行走的分叉角则愈小。

如果撞击部位在枕骨隆突左右两侧，则所产生的骨折线大体呈纵向行走，与枕内嵴相平行，通过颅后窝达到枕骨大孔。

如果是推倒者，一般推力作用于头部和胸部，使人体重心从腰部大大上移，开始是头部向前倾斜，以后因推力作用而后仰，被推者腰、膝部发生弯曲，因此头部的着地点上移，而且推力愈大，撞击点移位愈大，摔倒速度也更大。如冲击点上移至人字点附近，则骨折线易沿人字缝向两侧行走，到达颞骨锥体（岩部），在颅底造成间接骨折。

撞击在水泥地面时，由于无缓冲作用，撞击的时间大大缩短，速度快，产生的撞击力也增加，损伤也严重。如系木

板地或松软泥土地，则撞击时间延长，减轻了撞击力。头部有长发、装饰、帽子、头巾等则起到明显的缓冲作用，大大减轻了损伤程度。根据模拟实验，戴帽子摔倒时的撞击时间，可比不戴帽子时延长4—8倍。

枕部摔伤骨折分布频率见图2—62。

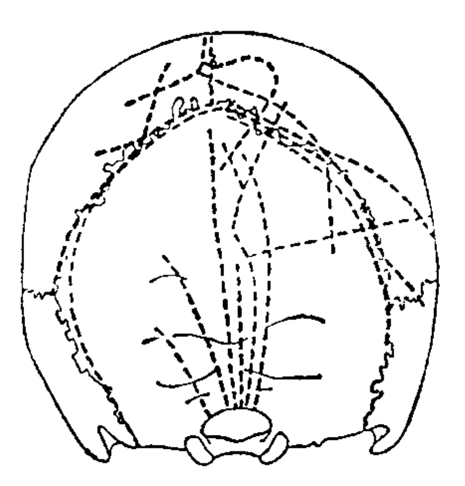


图 2—62 枕部摔伤骨折出现部位

2.球形和圆形钝器造成的损伤

作用面呈球面或圆形平面的钝器有各种圆锤如钳工锤、木工锤、鞋匠锤和特殊斧头的圆形背部。钳工锤（奶头榔头）除一端为圆形平面外，另一端呈乳突样球面，一般作用面直径约在2—3厘米左右。

圆形锤面打击所造成的典型骨折为弧形或环形的线状骨折和塌陷骨折(图2—63)。偏击多为弧形骨折或新月形塌陷骨

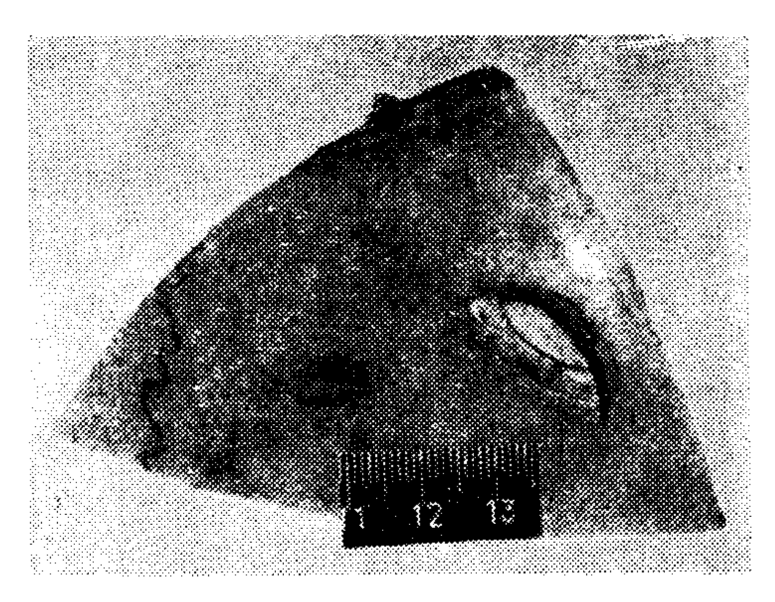


图2—63 圆锤面打击造成塌陷骨折

折，锤面边缘如较圆钝，骨折的凸缘可有多条互相平行的弧形骨裂（图2—64）。法线向打击多呈圆形塌陷骨折（图2—65），有时可见多条同心圆骨折线。在骨折线之间常常有细小骨裂相接。圆形骨折的外圆略大于打击面的直径。在骨折线裂隙内经常夹有毛发（图2—63）。

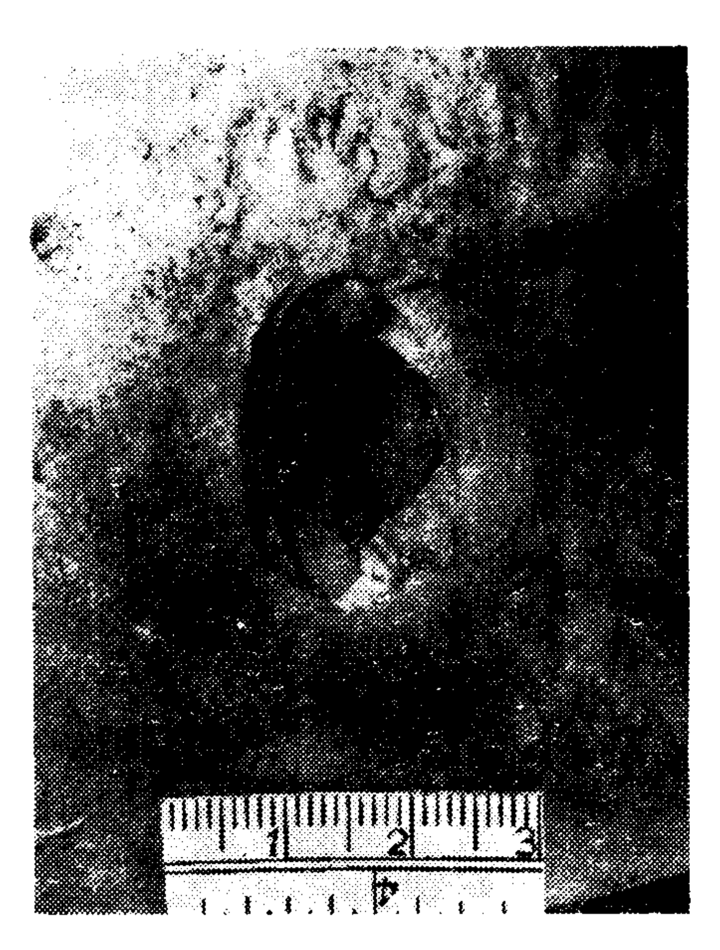


图2—64(1) 圆锤面打击，凸缘有多条弧形骨裂线



图2—64(2) 该损伤内板骨折情况



图2—65 圆锤面造成的骨折

圆锤多次打击能造成面积较大的粉碎骨折或塌陷骨折，但在骨折周边常留下多个弧形缺损（图 2—66）。

上述各种塌陷骨折的周围常有骨裂散射。



图 2—66　圆锤多次打击造成骨折

球面锤打击多造成圆形塌陷骨折或孔状骨折，直径一般不超过 2 厘米，以套环形（同心圆骨折）骨裂为特征，且套环间距远较一般圆形锤为小。

套环套弧的形成与锤面突起程度及颅盖骨面的弯曲度有密切关系。套环骨折一般发生在法线向打击时，速度快，作用面开始较小，以后随着力量加强、骨质变形，骨面和锤面互相接触面积由内至外依次递增，最初中心部应力集中，先出现环形骨折，随后锤面又压迫外围，应力随之向外增强，应力圈逐渐外移，便由内至外依次发生环形骨折，一直到外力衰减到不能继续造成骨折为止。

由于锤面和骨面相接部位不同，形成套弧的位置可在塌陷骨折的周围，也可在塌陷骨折的内部，但套弧骨折多呈斜坡状或阶梯状。

3.圆柱形、条形和棱形钝器造成的损伤

这些形状的钝器，其共同点是长轴大于横轴。圆柱形钝

器的作用面呈弧面，条形钝器的作用面为窄条的平面，棱形钝器的作用面为一条突起的棱边。常见的竹木棍棒、金属棍棒、工具把柄、刀背等等都系此类钝器，在骨质上形成的典型损伤形态为线状骨折和条形塌陷骨折，多次严重打击则出现粉碎性骨折。

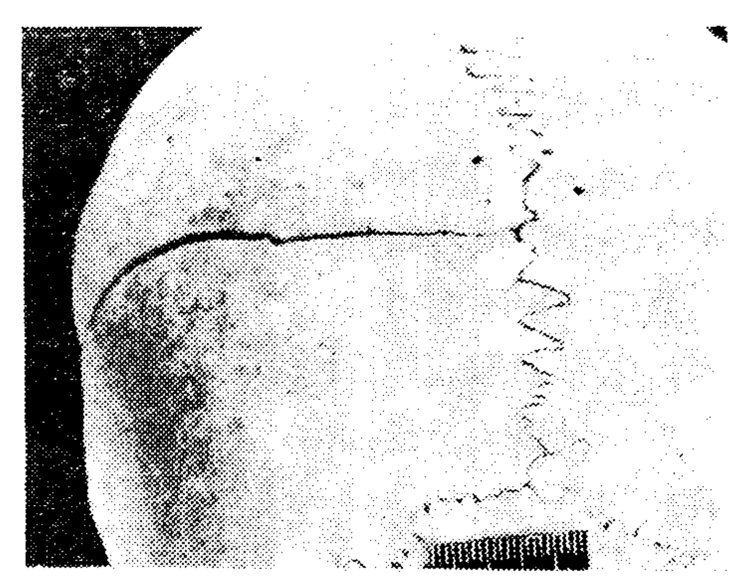


图 2—67　棍棒造成的线形骨折

这类凶器一次打击造成的线状骨折一般比较单一，有一条长而明显的主骨折线，凶器长轴与主骨折线相一致。一般来说，圆形木棍打击时，以长条骨折线为主，暴力再大时则出现粉碎骨折，但很少形成条形塌陷骨折（图 2—67）而有棱边的凶器则不同，由于作用力集中于一条边线上，单位面积的荷载量很大，因而容易出现条形（舟状）塌陷骨折，沿长轴有中心骨折线，但没有砍痕，这点可与斧刃砍创的舟状

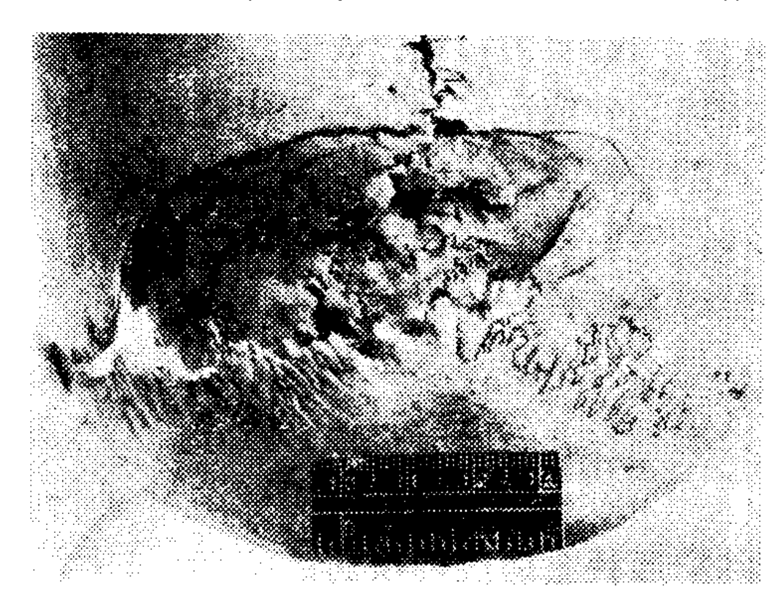


图 2—68　长条铁棍打伤

骨折相区别（图2—68）。条形凶器（如刀背）打击可以出现线状骨折。如骨质坚硬，则仅在骨质表面留下作用面的印痕，而不发生塌陷骨折（图2—69），印痕的边缘较整齐，有时可与刀背花纹作同一认定。如暴力过大，亦可造成条状塌陷骨折，沿骨折中心轴有一条或两条断断续续的骨折线，两线之间为长条形骨平面。



图2—69　菜刀背打击造成的印纹（放大七倍）

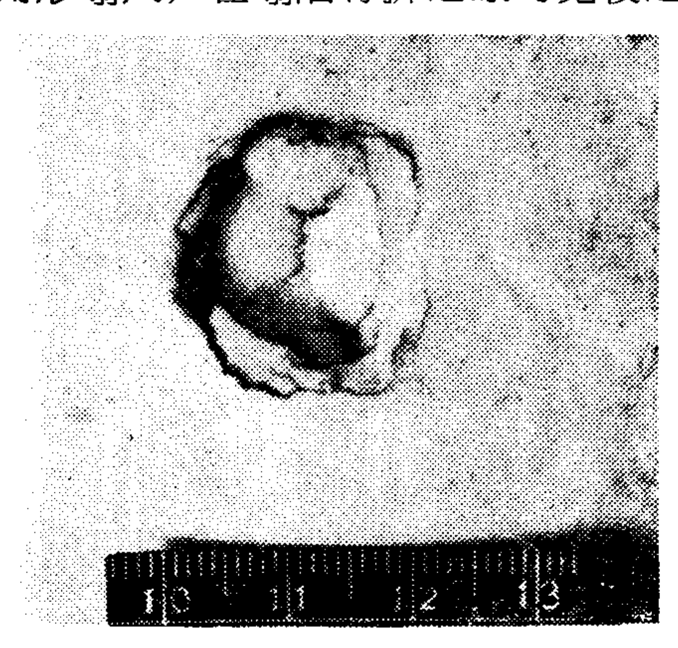
条形作用面上有突出物或附加物（如铁环、树节等）时，则在相应的骨质损伤中可反映出来。

方形斧背或方形锤面的一个棱边，亦可造成线状骨折或条形塌陷骨折，塌陷骨折的长度一般不超过5厘米，塌陷面不对称，留下平面挤压的残迹，这点可与条形凶器打击相区别。

4.方形、角形、多边形钝器造成的损伤

这类凶器中常见的有斧背、方形锤面、八角锤、方砖等，作用面的特点是同时包含一个平面、二条棱边和一个角，因此在骨质上留下的典型损伤为三角形塌陷骨折，其中

一个角深，其余两个角浅，塌下骨板呈斜坡状或阶梯状，在深角的外围常有骨质挤碎现象，角处骨外板、板障断离，构成骨墙，内板向颅腔塌凹而成星状骨裂或块状骨片脱落。角形作用面朝法线向打击可造成近圆形塌陷骨折，其中心部分角形塌入，在塌陷骨折边缘可见棱边挤压造成的骨质小碎裂，与凶器相应部位比对相吻合（图2—70）。



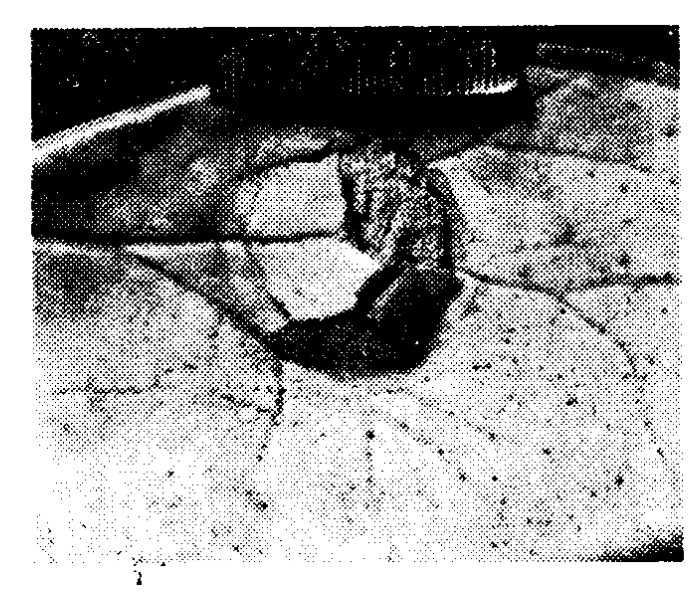


图 2—70　斧背一个棱角造成塌陷骨折外板（上），内板（下）

角形骨质塌陷，其夹角大小与凶器作用面形状有关，如方形偏击留下的角形骨折，其夹角近似90°。八角锤打击则留下135°夹角的塌陷骨折，有时夹角反映不明显，似弧形骨折，要注意与圆形作用面形成的损伤相区别。

角形骨折两边部位的骨外板断层往往向内挤压，或出现小的骨质表面剥脱，甚至出现斜坡。

如方形凶器的作用面积较小，法线向打击时能在骨板上留下两个角或四个角的塌陷骨

折，呈槽形或方形。

金属钝器造成的角形塌陷骨折，角的特征反映比较明显。方砖造成的角形塌陷骨折，角反映不明显，而呈钝圆形。

方形或多角形钝器的作用面，一般面积都比较大，不易造成局部孔状骨折。暴力增强时，则出现粉碎骨折。

5.形状不规则钝器造成的损伤

属于作用面不规则的凶器有碎砖、石及不规则形的工具等。在实际案件中，碎砖石块打击较为多见，其作用面凹凸不平而粗糙，造成的损伤多系散在性的骨质缺损、坑凹、线状骨折及不规则的塌陷骨折，粉碎骨折。可以单独出现，也可以同时形成。据统计，石块形成粉碎骨折较多，砖块以线状骨折为多。砖石造成的散在性骨质损伤往往不处于同一平面，却是一次打击可以造成的。

骨质缺损的边缘不整齐，有挤压现象，创底高低不平，在实物显微镜下观察，可见明显的骨质捣碎现象。创面宽，创底较小，创壁一般不作垂直削面。有时在骨质内嵌有砖、石块碎屑。

塌陷骨折边缘不整齐，骨折区内可以出现几个不同水平的凹陷，塌陷区内的骨质表面有时出现缺损或坑凹。骨折周围可见不规则的骨折线向外扩展。

乱石碎砖造成的粉碎骨折，其特点是不规则。偏斜打击时，骨质表现出典型的梳状擦伤，这点在确定砖石伤方面很有实用价值。

较光滑的卵石不出现上述骨质损伤特征，而出现单纯的线状、星状骨折；冲击力较大则造成圆形或椭圆形的塌陷骨

折。

羊角锤的羊角端打击时，可出现一对小长方形（或长三角形，两底边在外尖角相对）的塌陷骨折或孔状骨折，骨内板向颅腔脱落。

鸭嘴锤的鸭嘴端打击时，造成一字形线状骨折或塌陷骨折。其塌陷骨折长度一般在3厘米以内，骨折区边缘骨板向内挤压，内板相应破裂。

齿耙的齿状突起物由于作用面小、质量大、力量集中，极易造成孔状的骨质损伤，骨折边缘向外散发长的线状骨折，内板向颅腔突破。

（三）骨骼火器伤

头部火器伤几乎都会产生骨质损伤。造成火器伤的凶器有子弹、霰弹、气枪弹和土枪的碎铁子。这些作用物的共同特点是质量坚硬、速度快、体积小，能在骨质上造成小面积的应力集中区，故多出现贯通伤。

典型的颅盖骨枪弹伤，其射入口骨外板呈圆形，直径与子弹直径相似，有时稍大或稍小，边缘整齐而光滑；有短小的线状骨折向外呈放射状散开，其骨折线的长度与子弹撞击时的速度有关：子弹速度愈大，子弹具有的动能愈大，因此，子弹作用在颅骨上的动量和冲量也愈大，此时，出现在子弹射入口周围的骨折线较短小，甚至不出现骨折线；反之，子弹速度愈慢，则子弹具有的动能愈小，子弹作用在颅骨上的动量和冲量也愈小，此时，冲击力较易在子弹射入口周围分散，出现的骨折线就长而稀。少数情况下在入口周围出现同心圆的套环状骨折（图2—71）。骨内板呈喇叭形脱



图 2—71 步枪子弹射入口

落，损伤所波及的面积较外板为大，其脱落面积大小与子弹撞击时速度和板障发达与否有关。一般速度愈快，内板骨损面积愈小，甚至损伤面积接近外板，骨壁呈垂直状；速度愈慢，则内板破损的面积也愈大，并随着速度的减慢，骨损面的形状由近圆形而变成不规则的花瓣形。板障厚度与内板骨损范围成正比，即相同的冲量下，板障越发达，内板骨损范围越比外骨板为大。

射出口则相反，内板骨损面积比外板为小。内板骨折呈圆形或椭圆形，边缘不如射入口外板骨损缘整齐。外骨板骨损面积大，故呈喇叭口朝外的漏斗状，表面骨质剥离，周围有放射状骨折线，骨折线比射入口为长（图 2—72）。

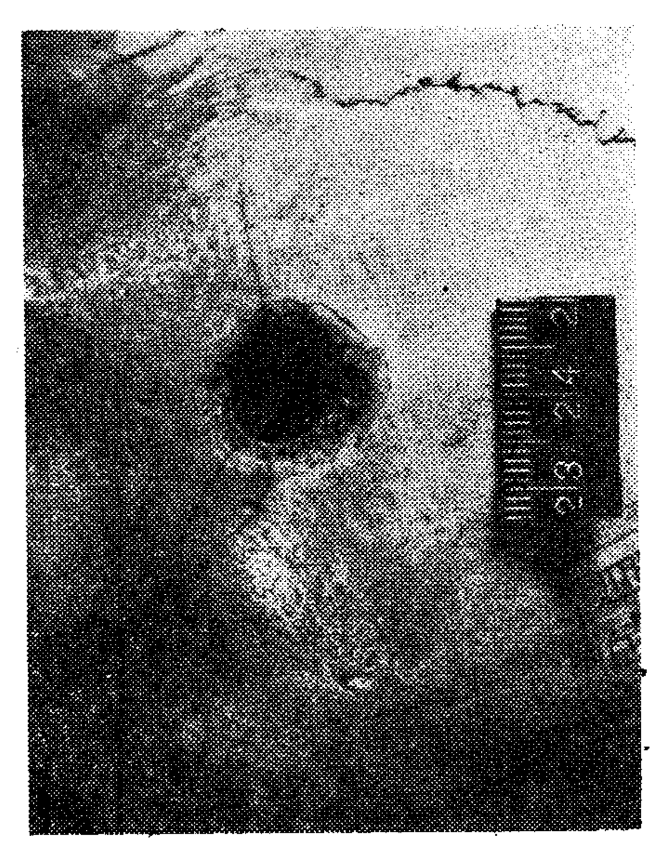


图 2—72　步枪子弹射出口

偏斜方向射击时，射入口和射出口均呈椭圆形，其射入角越小，对侧（即迎弹面）骨质损伤面愈大。这时椭圆形射入口的横径与子弹的直径一致（图 2—73）。

如果枪弹打击在长骨上，则造成粉碎性骨折，骨碎片一般较小，如果将其拼凑在一起，可见孔状骨折，周围有放射状骨折线。

变形弹头造成的骨折损伤，射入口可呈不规则状，但其基本形态则似喇叭状骨折。

一般枪伤多为贯通伤，有射入口和射出口。也有无射出口的，常见于以下两种情况：一是飞弹进入颅腔后速度锐

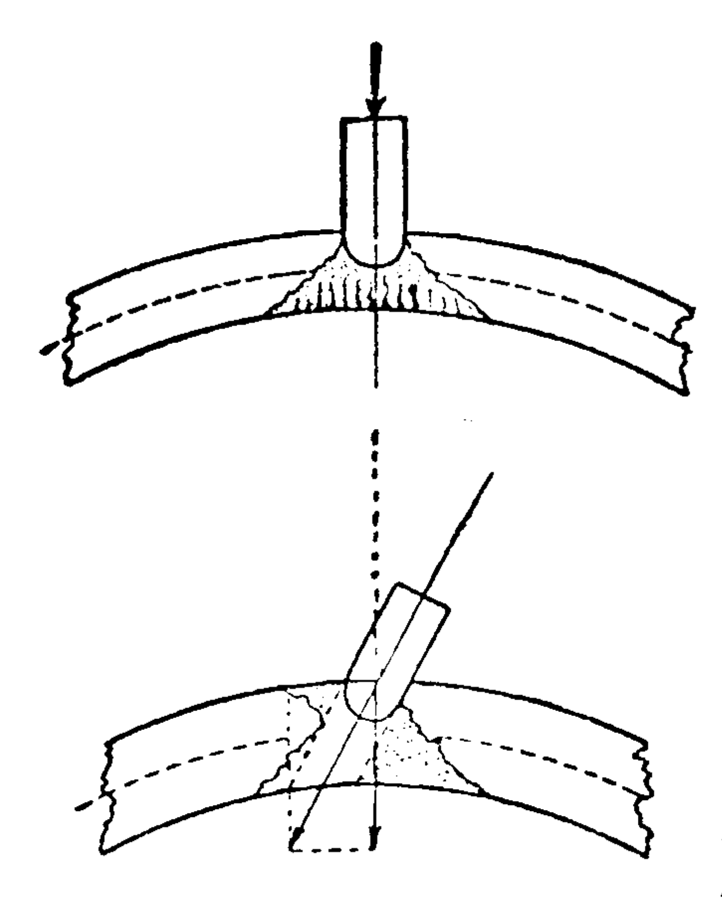


图 2—73　偏斜方向射击时，射入口变形示意图

减，无力穿出，弹头即存留在颅腔内；另一种情况是子弹穿入颅腔之前或以后即刻爆炸。后一种情况多见于弹头外皮破裂，弹头内两种质量不同的金属（铅和铜）互相挤压；或弹头不规则的飞行，击中目标后即爆炸，造成射入口骨板大范围损伤；如穿过射入口后炸裂，则不出现单一的射出口，但在颅腔内能找到子弹的金属碎片、锈斑，或颅腔内壁骨质损伤。

近距离射击时，有时能在骨质上留下附加物的损伤。

三、骨骼损伤的鉴定

（一）生前伤或死后伤的鉴别

软组织确定生前伤或死后伤比较容易，如根据出血情况、伤口附近淋巴结内是否检见红细胞、炎症反应、组织收缩，以及通过酶的组织化学检验等等，可以得出结论。但对骨骼进行生前伤或死后伤的检验，则比较困难，目前所采取

的几种方法都不能令人满意，主要是下列几种：

1.骨荫

生前骨质受暴力作用而发生损伤时，骨膜血管或骨质内血管破裂而出血，血液浸入骨组织内，形成暗红色的晕斑，叫做骨质血斑，也称骨荫。这种血斑虽经水洗、刮擦，均不能消除；如用酒精拭擦，则更为明显。

骨质血斑用紫外线照射时呈土棕色反应，而正常骨质则呈乳黄色或蓝白色荧光反应。

将骨组织制成骨片，在显微镜下观察，可见血红蛋白被吞噬细胞分解成含铁血黄素和橙色血质结晶，沉积于骨质中。含铁血黄素通常在细胞中呈金黄色或棕色颗粒，铁反应阳性，能溶于酸，但不溶于碱和有机溶剂。橙色血质呈褐色板状结晶，铁反应阴性，往往与含铁血黄素同时检见，遇过氧化氢则呈绿色反应。

2.板障出血

颅盖骨损伤出现线状骨折、塌陷骨折和粉碎骨折时，均伤及板障静脉，使其出血，血液聚集浸透在板障骨松质的空隙中，造成该部位透光率降低。当颅盖在强光下透视，可见出血部位存在阴影。这些阴影需与自然骨质阴影相区别。一般出现自然阴影的部位，有骨质正常增厚，各骨缝附近，及死后坠积性淤血等。自然阴影都是左右对称的，阴影浓淡相宜；死后坠积性淤血，则出现于尸体的低下部位。

3.骨组织修复情况

如果骨损伤后生命仍在延续，则骨折断端即发生一系列病理生理学变化，掌握这些变化过程，有利于对延期死亡者的骨折进行生前伤或死后伤的认定鉴别，或者确定是否有陈

旧性骨折。

骨折的愈合是一个连续的过程。最初骨质处软组织出血，在折断部位形成血肿和纤维素沉着。伤后4—5小时，出血开始凝固。24—48小时内，骨质断端骨外膜增生，生发层细胞亦增生成为主要的成骨细胞，开始产生骨样组织，生成新生骨。6—7天后，机化的血块逐渐演变为骨样组织，形成骨痂。骨痂不断有钙盐沉积，使基质逐渐变成致密的骨组织。最后骨痂与原骨界限不能分清，骨折间隙消失，即为骨性愈合。骨骼损伤愈合的进程同伤者年龄、营养状况，局部血运，有无感染，治疗条件等等有关。一般达到骨性愈合幼儿约需2—3周，老年人则需3—4月，骨折痕迹消失幼儿一般在二年以内，成人则需3—4年。骨折复位不佳、感染、局部破坏严重者则终身遗留痕迹。

（二）自杀、他杀的确定

在检验骨质损伤以确定自杀或他杀时，也应注意现场情况，如发现尸骨时现场有无凶器，有无罪犯遗留物，现场环境有无可能发生意外事故或高坠条件等等。

从骨质损伤性状来分析自杀或他杀，则应注意以下几点：

1.损伤部位

自杀、他杀损伤都可能出现在要害部位。一般使用工具自杀者，损伤出现在自己能达到的部位；他杀则以作案人顺手、方便为原则，也可能在受害者自己能达到的部位，也可能在受害者不能自己达到的部位，如枕部、背部等。

自杀者损伤多在头部、颈部等，一般不在四肢造成骨损

伤；他杀者除在要害处留下损伤外，常有抵抗伤，在被害者的手和前臂骨骼留下伤痕。

2.骨损伤的分布和方向

自杀性损伤多集中、重复打击，深浅相同，方向一致，又是死者手臂习惯活动范围所能及的，砍击角度相吻合；他杀则损伤分布面较广，排列零乱，轻重不一，外力作用方向经常是死者自已难以造成的（图2—74）。



图2—74　自杀者在前额部造成24次连续砍伤，伤痕集中，方向一致，系菜刀所造成

3.损伤严重程度

自杀者一般损伤较轻，严重而致命的损伤常见于一处；而他杀损伤一般较重，可以有多处严重致命损伤。

全颅崩裂或严重变形，而又不是高坠交通事故、枪伤、意外和爆炸物所造成，则多见于他杀。

（三）关于着力点、打击方向、打击次数的确定

1.着力点的确定

有下列情况之一者，即可确定为着力点：

（1）骨质表面有压痕，是法线向或接近于法线向打击所造成，压痕处就是着力点；

（2）骨损表面有擦伤，造成部分骨质脱落；

（3）星芒状骨折，则骨折线的集中点（星点）就是着力点。但要注意是凶器直接造成，还是硬物衬垫所造成的；

（4）单发的线状骨折，其着力点一般在主骨折线上。主骨折线特点是较长，接近强应力区线段较直，裂隙较显著，损伤程度较重（内外板均断裂，局部骨质有凹陷，有的虽然外板无明显塌陷与缺损，但内板则向颅腔内破裂）。着力点也可能在主骨折线中部，也可能在一端或同时在两端（如颅骨整体变形时）；

（5）单个的塌陷骨折或孔状骨折；

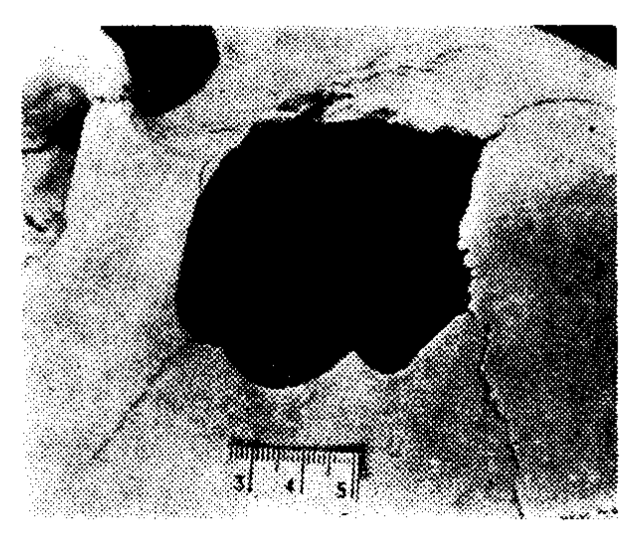


图2—75　多次打击呈粉碎骨折，注意边缘可区别几个着力点

（6）多个的塌陷骨折和粉碎骨折，一般都是多次打击所造成，确定着力点时，需将脱落的骨片按解剖部位将其复位，然后认真观察，仔细分析，根据下列五点来确定着力点：是否出现骨表面缺损；是否有环形骨折；有否星芒状骨裂；交叉骨折线有

无阻滞现象或切断；残留骨板上有无弧形骨折缘（图2—75）；

（7）如果根据上列方法仍不能确定着力点时，则可从损伤形成的机制来分析着力点。

2.打击次数和顺序的确定

打击次数主要根据骨质损伤着力点的位置来确定，即一个着力点为一次打击。但需注意两种情况：第一，是否是一次打击造成的组合损伤，如不规则石块打击可出现骨板上轻重不一的多处损伤；第二，要注意鉴别可能出现的重叠打击。此时要进一步分析形成的顺序：

（1）有两处损伤存在的情况下，后一损伤骨折线一般不穿过前一损伤的骨折线（图2—76，2—77）。

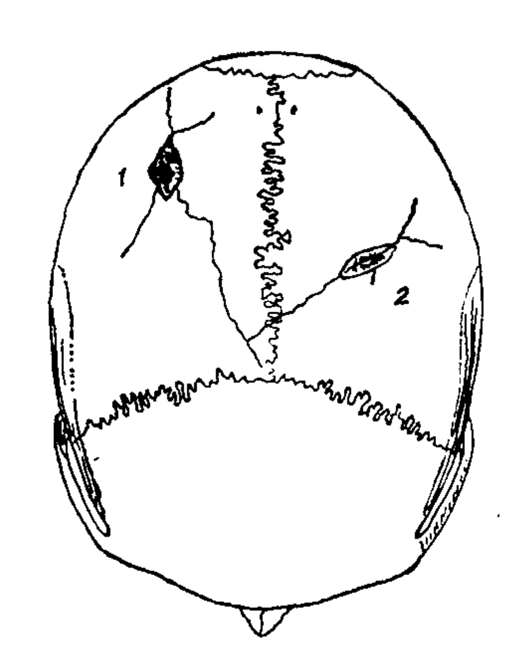


图2—76 第一次打击（1）和第二次打击（2），后者骨裂线不超越前者



图2—77 枕部二次砍伤，条状砍伤在前，片状砍伤在后

（2）凡一个部位多次打击造成许多碎骨片，则碎骨片上骨内板面积大的在前，骨外板面积大的在后。因为第一次打击形成的骨损伤，内板损伤大于外板，呈口朝里的喇叭形，脱落的骨片则外板小内板大。经受第一次骨折后，颅骨的完整性受到破坏，游离端骨板失去依托，骨质强度下降，因此，第二次打击时不出现典型的骨外板边缘倾斜现象（图2—78，2—79）。

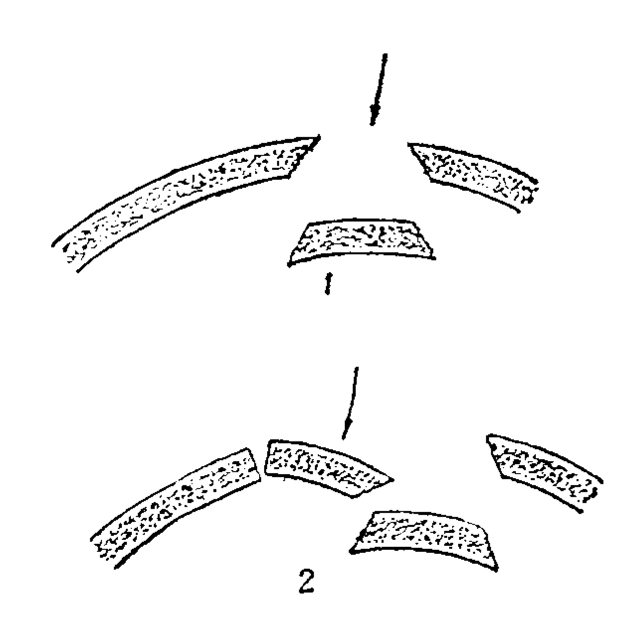


图2—78　第二次打击掉落骨板斜面不明显



图2—79　头顶部三次锤面打击造成损伤，居下者第一次造成，居左者第二次造成，居右者第三次造成

（3）一次打击同时出现直接损伤和间接损伤时，则直接损伤在前，间接损伤在后。

（4）结合现场情况，如受害者经打击后，跌倒造成磕碰伤（即继发损伤），则打击伤在继发损伤之前。又如，死者在站立情况下造成的多处损伤，一般致命伤在后。

3.打击方向的确定

根据头面部软组织的表皮剥脱、皮下出血、挫裂创的性状，一般比较容易判断打击方向，但由于软组织容易变形腐烂，经常需要从骨质损伤性状来确定打击力的方向，其主要根据是：

（1）骨质表面有压痕，则属于法线向打击力。

（2）骨质表面有擦痕，则属于切线向打击力，外力由擦伤重的一侧向轻的一侧运动。

（3）骨质表面有坑凹不平骨损，则根据坑凹底部的位置来确定外力方向。

（4）星状骨裂的各骨折线长短相仿；塌陷骨折或孔状骨折，其周围没有骨裂，或有骨裂但骨折线长短相仿，一般属于法线向打击，即外力作用方向与受伤部位大体成直角（图2—80）。

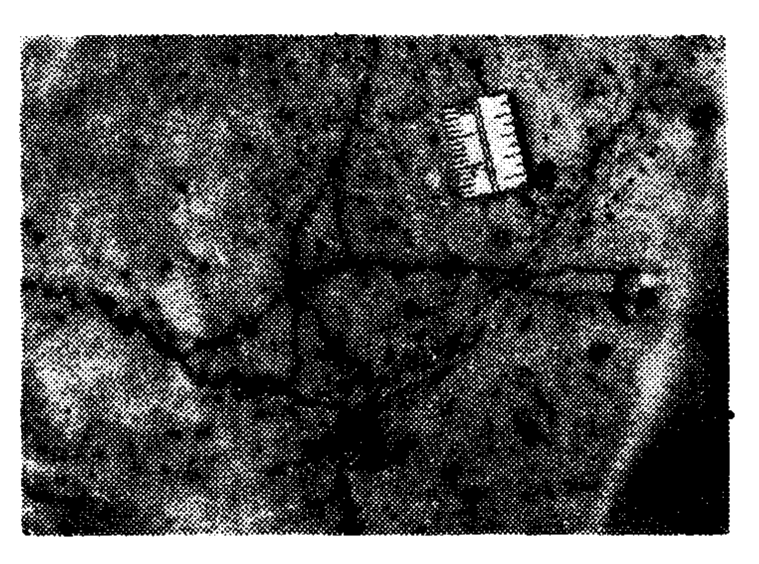


图2—80　星状骨折中心处为着力点

（5）由于人们使用工具的习

惯，一般工具（如斧、锤）打击面的前端磨损较重，所造成塌陷骨折的压陷边缘坡度较大，而后端则近于直角。

（6）如果是单纯的骨折线，须区别两种情况：局部变形造成的线状骨折，一般打击力的方向与主骨折线的长轴一致。由于力量传递而逐渐变弱，因此，一般主骨折线近着力点部位较平直，内外骨板骨裂断层一致，远离着力点处骨折线向骨质薄弱部位延伸，因而出现弯曲，骨内外板骨折不在一个位置上，出现错位现象。由于整体变形产生的线形骨折，则着力点在骨折线的一端或两端，应力最大的部位其骨折线段最直，程度最重。

（7）偏斜打击时，在一定范围内，一般偏斜角度越大，骨折线愈向对侧延伸。

（8）根据间接骨折的位置可以确定直接骨折作用力的方向，一般间接骨折出现在直接骨折的对方。

（9）长管骨横断骨折时，侧面观察多呈楔形骨折，底部一般是凶器的作用点。

（10）发现长骨干有螺旋形骨折时，则外力为两个方向相反的扭力。

（11）颅底横行骨折，外力作用方向来自颅骨的左右两侧或一侧。纵形骨折则外力作用方向在前后端或一端。

（12）下颌骨枝部受力时，常在下颌体中部出现楔形骨折，其楔在前面（外侧），底部在后面（内侧）。

（13）在扫描电子显微镜下观察，与哈佛氏系统相垂直的骨折为延性断裂，其断端能见到小坑凹和尖刺样的纤维束。与哈佛氏系统相切的骨折为劈裂骨折，骨裂与骨板层一致，骨折面较平整。

从骨损伤性状确定作用力方向，还可例举一些。但在实际办案中需要根据情况具体分析，亦可将受伤颅骨作各种变形的模拟试验，观察参差不齐的骨折缘和不完全骨折，以判断外力作用于哪一个方向较能形成此类损伤。

（四）凶器质量的推断

这里所说的凶器质量，指的是重量和硬度。凶器质量的确定，一般是通过对创内遗留物、附着物进行物理或化学检验，以及对软组织的损伤检查来达到的。但是这种创内遗留物一般不常见，经常需要我们对骨质损伤的性状进行分析，以确定凶器质量。下列各点可以供判断时参考：

1.骨质表面硬度在洛氏硬度计上可达到32左右，接近于铜的硬度。如果凶器硬度大于骨质硬度，称为硬质凶器（如铁等金属、砖石类）；凶器硬度小于骨质硬度的称为非硬质凶器（如竹木类）。如果受伤骨质表面出现碰撞坑或擦痕，则应系硬质凶器所造成，这与实际案例中出现的情况相符合。

2.金属类硬质凶器打击所造成的骨损伤，据作者观察，在骨折边缘部位经常出现比较稳定的挤压缘，这种挤压



图2—81 挤压缘

缘通常是由大体平行的细小骨裂所组成（图2—81）。造成这种现象与凶器质重、坚硬、速度大、力量集中有关，是由于凶器作用部分很快突破骨板的阻抗而形成的。作者认为挤压缘的出现对确定金属类硬质工具有很重要意义。

3.面积比较小的塌陷骨折，凹陷较深，向四周扩散的骨裂线少而短，或者没有。出现这类损伤，一般是由于打击速度较快，力量集中，形成较强的向前冲击力量，使骨内外板相继断裂。由于向外扩散力很弱，因而四周骨裂轻微。这类损伤多由接触面较小的硬质凶器所造成（图2—82）。

4.一般来说，头皮损伤较轻，相应部位骨质有较广泛的骨折，骨碎片较大（大于2平方厘米），往往是木质凶器多次打击形成的可能性较大；反之，头部软组织呈现严重的挫裂创，而骨质损伤与之相应或反而较轻，出现的碎骨片一般小于2平方厘米，则可能是铁石器所造成。但接触面比较大的铁器，有时也出现前一种情况，需要进行多方面的分析。

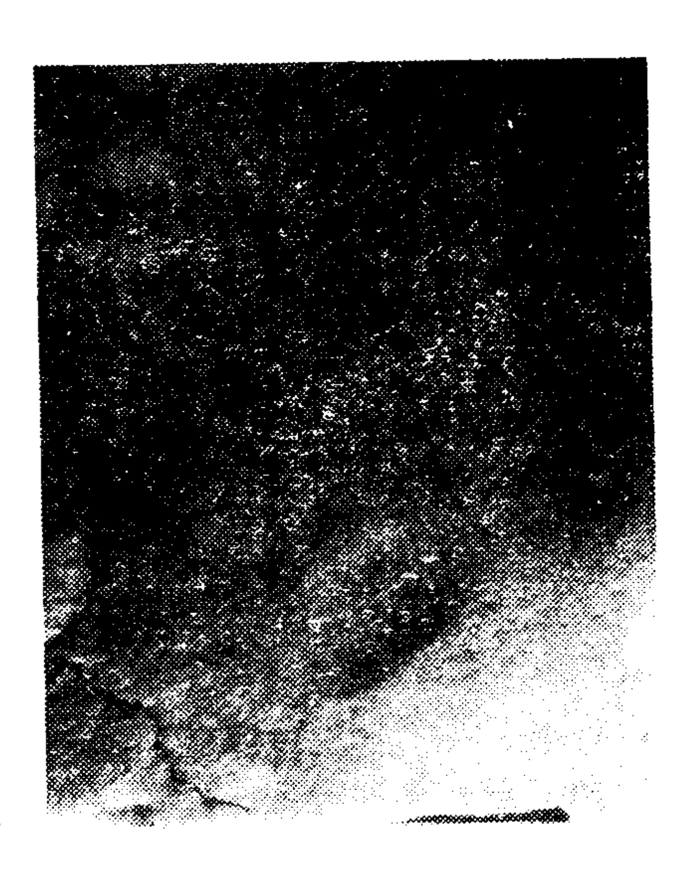


图2—82　锤面打击的小塌陷骨折

（五）凶器的推断和认定

实际检案的经验告诉我们，能比较稳定地反映凶器接触面特征的损伤，不到骨质损伤总量的四分之一，而推断凶器要从分析骨质损伤形成的机制入手，不能作简单的形象比对，以便正确地推断是否系某一凶器所造成。单纯的形象比对，往往容易搞错。

现将各类凶器造成的典型损伤简述如下：

（1）**斧锤类损伤**：此类凶器由于打击面较小，质量重，便于挥动，故在骨质上容易留下凶器作用面的特点。

圆形锤面打击造成的骨质损伤，多为弧形骨裂、新月形、圆形塌陷骨折（图2—83）或孔状骨折。



图2—83 圆形锤面造成的近圆形塌陷骨折

根据弧的弯曲程度，可以找出打击面的圆心，计算面积。计算方法如下：

先找圆心——按图2—84，弧上任意两条弦的垂直平分线的相交点，即为圆心。设$\overset{\frown}{AD}$上AB、CD两弦，分别取中点E、F，作垂线EI及FH与AB、CD垂直，交叉于G点，

G即为圆心。

计算圆面积——按图2—85，πr^2（3.1416×半径²），先以弧求出圆心G点，再量出GD线长度，根据圆面积公式计算即得。

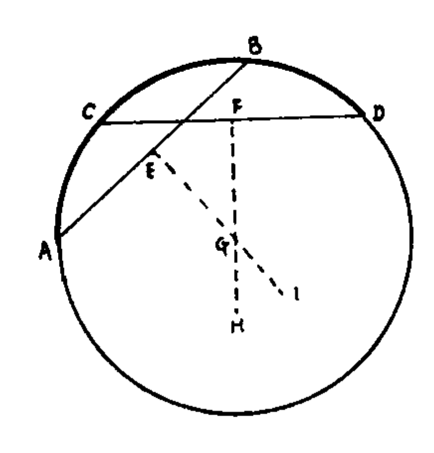


图2—84　求圆心

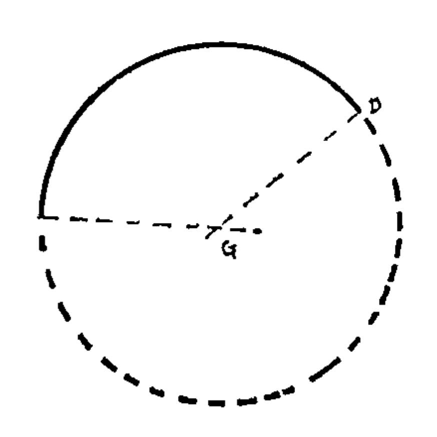


图2—85　求半径

按上述方法求得的圆面积，一般略大于凶器作用面的圆面积。

奶子榔头奶头端打击时，常常出现套环状圆形塌陷骨折或单纯圆形骨折（图2—86）。



图2—86　奶头榔头奶头端打击造成的近圆形骨折

鸭嘴锤形成的打击伤，除圆形作用面特征外，如用鸭嘴端打击，则出现短的条形骨折或塌陷骨折（长度在

3 厘米左右）。

斧头形成的损伤，兼有斧背的打击伤和斧刃砍伤。斧背打击可以在骨质上留下一个边、一个角或同时留下两个角。其内角的骨板出现塌陷，斧背多次打击可以造成严重的粉碎性骨折。斧刃砍伤可见舟状塌陷骨折，刃的一端砍入，则出现长三角形孔状骨折（图 2—87），两端常有骨折线。单面斧砍伤，则在斧刃斜面一侧创壁形成一斜坡，而另一侧骨外板向外翘起。斧刃能在骨密质上留下明显的凹凸线形痕迹，可以与嫌疑斧刃部的试验样本作比对检验。

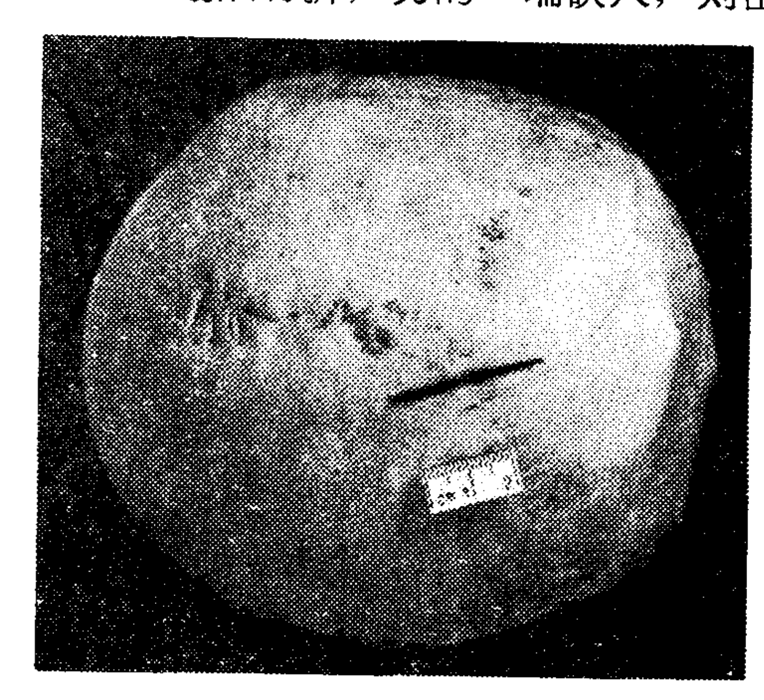


图 2—87　斧刃部分砍进顶部造成颅盖部长三角形孔状骨折

（2）*砖石类损伤*：粗糙而坚硬的不规则砖石，可造成不规则的骨损伤，其骨质表面往往出现由于砸击而形成的小坑凹或骨折表面擦伤，或不规则的小损伤群，这是粗糙砖石伤的重要特征。比较规整的砖头也可造成一个棱边或一个角形的塌陷骨折，但往往不出现典型的直角形骨质塌陷，这一点与斧锤类损伤有区别。砖石类损伤经常在创内遗留致伤物的碎屑，可供检验。

（3）*棍棒类损伤*：一般多出现比较单一的线状骨折，

其主骨折线与棍棒长轴相一致。坚硬的木棍或金属棍棒，也能形成舟状骨折。但舟状骨折的长轴线上不出现砍痕，这点可与钝斧砍伤而出现的舟状骨折相区别。

（4）**其它钝器造成的损伤**：如打击面有特殊的突起或凹陷，则在骨质上可留下相应的损伤，可以与嫌疑凶器作比对鉴别。

（5）**各种锐器伤和火器伤的鉴定**：这类鉴定比较容易，各有特点，可参阅第二章二（一）、（三）节。

单纯从骨质损伤来确定是某一凶器所造成时，必须具备下列条件之一，方可认定：

①骨质上留有凶器作用面的特殊印记，与凶器特殊部位完全吻合；

②骨质切削面有凹凸线纹，经痕迹比对可以认定者（图2—88）；

③遗留在骨质内的凶器残块，经部分与整体的鉴定认为是同一凶器的一部分者；

④骨质内留有凶器的特殊附属物、涂料、附着物及与嫌疑凶器相应的物件，通过理化检验可确定为两者同一的。

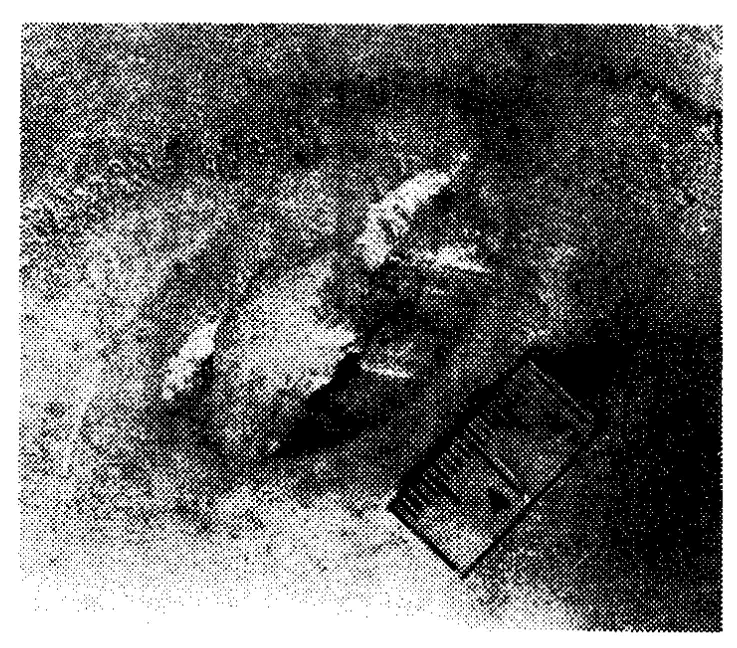


图2—88　菜刀砍伤，切削面有线形痕迹，可与嫌疑样本作痕迹比对

第三章　骨骼的个人识别

在法医办案中，对于无名尸体的年龄鉴定，无名尸骨性别、年龄、身高的推断，以及提供死者生前的某些特征、职业、民族的可能性等等，统称为骨骼的个人识别。法医对骨骼的个人识别，能给侦察破案工作提供重要的线索和证据。骨骼的个人识别包括如下几个方面：

（一）是否骨骼；

（二）是人骨还是动物骨；

（三）一人骨与多人骨的鉴别；

（四）人骨的性别鉴定；

（五）人骨的年龄推测；

（六）从骨骼推算死者生前身高；

（七）根据头骨的特点，提供死者面貌特征的可能性；

（八）骨骼入土时间的测定。

一、骨骼的识别

对送检的物证在作个人识别之前，首先要确定该物是否骨骼。凡具备解剖学知识的有经验的法医工作者，遇到送检物较完整，则是否骨骼一般不难确定；但对残碎骨块则较困难，需要经过鉴定，才能确定是否骨骼。

（1）肉眼观察：对大一些的骨块，看有否残留骨干、

骨骺和关节面，有无肌嵴、凹沟、孔管；如系扁骨则看有无骨缝合，表面有无压迹和血管沟。锯开以后，观察内部是否有骨松质和骨密质，骨松质排列能否看到骨小梁的张力线，有无残留骨髓等等。

（2）**显微镜下检查**：将送检物制成薄片，在显微镜下检查，观察组织中有无正常的骨组织形态，如有无骨陷窝、骨板、哈佛氏管、骨单位和间板。如系长管骨，则其横切面还能见到内外环骨板等等。在扫描电子显微镜下观察时，如系骨组织，则在骨板层能见到排列不同的胶原纤维及其它骨质细微结构。

（3）**烧灼试验**：取小块检材作烧灼试验，如系骨质，则煅烧后外表失去光泽，重量减轻，质量变得松脆，但不改变其外形。

（4）**酸处理试验**：取检材少许，放入5％硝酸中浸泡24小时以上，如系骨质，则骨中大量钙质脱离，仅剩下以骨胶为主要成分的有机质，骨骼质地变软，且富有弹性，用尖针可以穿进。

（5）**化学分析**：也可以对送检材料进行化学分析，如系骨骼，则可检出大量羟基磷灰石。

二、人骨与动物骨的区别

经过上述检查以后，如确定是骨骼，则需进一步确定骨骼的种类，是人骨还是动物骨，这是法医工作中要解决的问题。确定是否人骨，通常的方法是进行大体形态观察、显微镜下检查和血清学检查。

（一）大体形态上的差异

人类头骨的脑颅部与面颅部比例，约为一与一之比（正面观察）；侧面观察时脑颅占三分之二，面颅占三分之一。脑颅发达呈近似球形，面颅不突出。脑颅部分的高度发达，是人类头骨不同于其它任何动物头骨的显著特点。

动物脑颅比面颅为小，头骨一般呈三角形，面颅吻部突出。

人类骨盆由左右髋骨、骶骨和尾骨组成，两骼翼向外翘张，呈盆状；动物骨盆窄而长，耻骨弓角比人类小，而且不象人类骨盆那样有显著的性别差异。

人类的足趾退化，而跗骨发达粗壮；手指骨长而细，关节面比较大，因而手指灵活。兽类的趾骨较少而短，前肢与后肢大体近似。

牙齿形态也有不同。人类为了适应复杂的环境和咀嚼混合食物的需要，牙齿分成切牙（门齿）、尖牙（犬齿）、双尖牙（前臼齿）、磨牙（大臼齿）等四种。食肉类动物的尖牙特别发达，磨牙面广宽；食草类动物则切牙、磨牙发达。

（二）组织学上的差异

如果经肉眼观察仍不能区分骨骼种类，或者仅存骨骼碎块，失去骨骼大体形态特征时，则可将残骨制成骨片，在显微镜下检查。人类长骨横切面磨片，在显微镜下能见到排列规则的骨单位，与环形骨板、骨单位外围有粘合线分界，圆形的哈氏管和条形的伏氏管分辨清楚。动物骨则骨单位排列不整齐，哈佛氏管和伏氏管分辨不清，骨板不明显，有的缺

环形骨板，每个视野所见的哈佛氏管数量上也有不同（图3—1、3—2）。

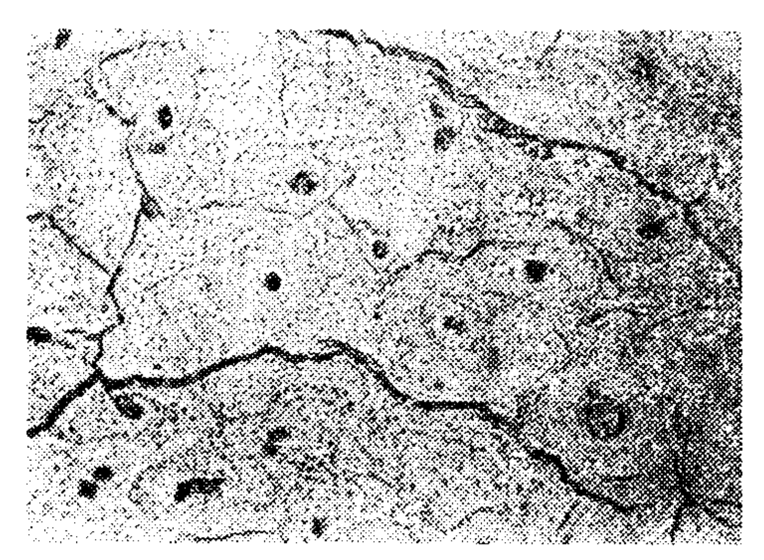


图3—1　人股骨横断面磨片显微镜观察（240倍）

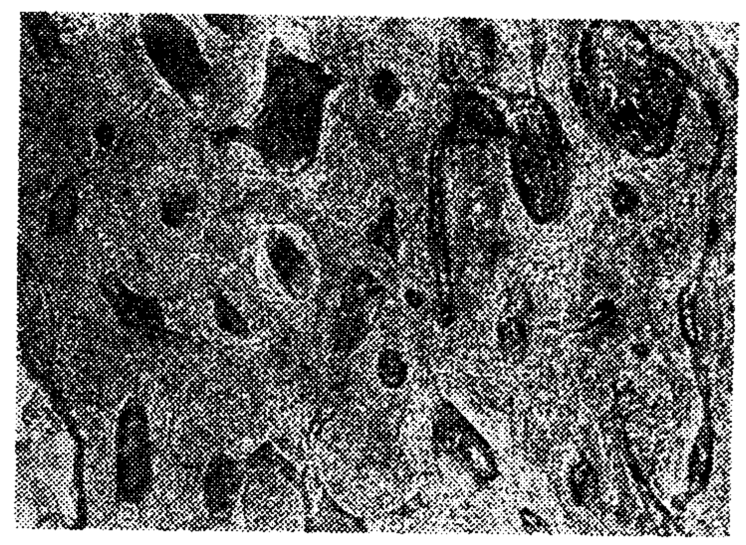


图3—2　羊后腿骨横断面磨片显微镜观察（240倍）

为明瞭起见，现将人骨与动物骨在组织学上的主要差别，列表（表3—1）对比如下：

表3—1 人骨与动物骨在组织学上的主要区别

人 骨	动 物 骨
（1）哈佛氏管形态规则，多作圆形或椭圆形，较动物哈佛氏管管径大2—3倍。 （2）一般同心环骨板排列整齐，骨单位之间界线清楚。 （3）哈佛氏管数量少，在180倍显微镜下平均每视野可见7—9个（长骨横切面）。	（1）哈佛氏管形态不规则，多作长圆形或条形，管径小。 （2）一般同心环骨板排列不整齐，有的缺少环形骨板，骨单位界线不清。 （3）哈佛氏管数量较多，长骨磨片在180倍显微镜下平均每视野为：羊17—18个；猪15—17个；牛10—12个；狗14—16个；鸡34—36个；鸭24—27个。

新生儿骨组织与猴类骨组织非常相似，需注意鉴别。新生儿骨骼发育不完全，因而骨单位界线不清楚，猴类骨单位界线清楚；新生儿同心环骨板排列不清楚，猴类比较明显。

（三）血清学检查

先将骨捣成粉末（或锉成粉末），脱脂后加适量生理盐水，在室温下静置一昼夜，或在温箱内两小时，冰箱内放一夜，离心沉淀后，取上清液与抗人血清免疫血清（沉淀素效价为一万倍，种类特异性良好，即与异种蛋白血清五百倍稀释液重叠后，一小时内不出阳性反应）进行沉淀反应。如系人骨，则在两液接触面出现白环，否则即为阴性。

血清学检查是基于骨质中含种属特有的蛋白成分所发生的血清反应。因此，对骨骼进行本试验时，应注意骨粉的份

量。随着骨骼存放时间的延长，骨质中含有的蛋白成分也随之减少，故死后时间愈长，所需的骨粉量愈多。一般死后两年的骨骼，检查时约需骨粉5克左右。骨质如经高温破坏，或经化学药品处理，则需将药液清除，骨粉量酌情增加。

三、一人骨与多人骨的鉴别

在墓葬群中取得的骨骼或数人被杀案件中，有时需要对骨骼作出一人骨或多人骨的鉴定。在鉴定时应先将送检人骨按每块骨骼的解剖学定位和在人体中的位置排成人的形状，观察有否重复，左右侧是否对称，骨骼的大小、形态、颜色、数目（成人骨骼总数约206块；幼儿因软骨结合尚未骨化，故数目较多，新生儿约为270块）及骨骼之间相互连接情况，以确定是否有不同性别、年龄的人骨混杂在一起等等。但在此项检查中应注意重手、多趾（指）症等畸形，以免发生错误。最好在发现骨骼时，先将骨骼原始排列情况予以拍照固定，以供骨骼鉴定时参考。必要时将遗骨水煮、凉干制成骨粉，脱脂后作血型测定。

四、人骨的性别鉴定

在案件中需要法医作出性别鉴定的除骸骨外，也有残肢、断臂。对比较新鲜的遗骨和肢体，可取骨髓或其它体细胞，检查细胞核内的性染色体(包括Y染色体和X染色体)。目前常用的方法是通过体细胞分裂间期细胞核内的染色质的形态鉴别男女性别。先将送检髓细胞经涂片处理后，用甲醇

固定，然后在pH5.5磷酸—枸橼酸缓冲液中浸泡三分钟，取出干后用0.5%盐酸阿的平（Q）或0.05—0.3%芥子阿的平（QM）染色20分钟，取出用蒸馏水洗去多余染液，置荧光显微镜下观察Y染色质荧光点的出现率，以区别其性别。随意检查100个细胞，有10%细胞核上出现荧光小体，即可定为男性；5—9%出现率为可疑男性；4%以下可定为女性。但陈旧骨骼其骨髓腐败变成黑色，已无检查Y染色质的条件。此时需对骨骼进行大体形态学上的检查，以确定性别。

对骨骼进行性别鉴定时，应结合现场情况，特别是现场的遗留物，如头发长短，发尖分叉与否，有无戒指、耳环、项链，钮扣的特点，及其它陪葬物等等，这些物品对性别鉴定有很大帮助。过去中国妇女有缠足习俗，使足部骨骼变形甚至骨折，这种情况下很易判断性别。

人类胚胎从第三个月开始可以从外形辨认性别。出生后，体表观察除外生殖器外，两性差异不明显。随着年龄的增长，两性差异渐趋明显。青春期后，男性出现须髯，肌肉发达，胸廓变扁，肩宽超过臀宽；而女性则乳房膨隆，臀部变宽，等于或超过肩宽，皮肤薄而细腻柔软。男性和女性成年人的肌肉和脂肪在体重中所占比例不同，男性脂肪占体重18%，女性约占28%；男性肌肉约占体重的42%，而女性占36%。在躯干与四肢比例中，女性比男性躯干长而四肢短。中年以后，腹部脂肪男性多贮积在上腹部，而女性多存于下腹部。

男性和女性由于生理机能不相同，从事体力劳动的情况不一，在骨骼上也反映出性的差异。如男性骨骼一般较粗

壮、强大，肌肉附着处有明显的突起，骨密质比较厚，骨质较重；女性骨骼则较纤弱，突起不明显，骨质较轻，表面较光滑，骨密质较男性为薄。骨盆、头骨、股骨的性差异更为显著。骨骼上的两性差异也受后天环境的影响，如长期从事体力劳动的女性或女运动员，其骨骼粗壮强度则接近于男性骨；而长期瘫痪或肌萎缩病人，其患侧骨骼变弱，近似女性。此外，还受遗传、营养状况、种族等因素的影响。所以在骨骼性别鉴定中，有少数骨骼居于男女性差之间，不易确定。

就目前检验水平来看，从骨骼确定性别，对其准确率的大小所持意见是不一的。

斯蒂瓦特（Stewart）认为，根据成人全骨或成人骨盆，或根据一块成人髋骨确定性别的准确率均为90—95%；仅按成人颅骨（不含下颌骨）判断性别，其准确率为80%；根据成人颅骨加下颌骨，其准确率为90%。

克罗格曼（Krogman）则认为，成人全骨判定性别，准确率为100%；成人骨盆为95%；成人颅骨为92%；骨盆加颅骨为98%；长骨为80%；单块长骨加骨盆为98%。

约旦尼迪斯（Iordanidis）认为，根据一个颅骨和一根股骨判断性别的准确率约为97.75%；单独根据骨盆可达97.18%

我们在实际骨骼性别鉴定中，经过核实的材料为：根据成人全身骨骼判定性别的准确率，成人骨盆的准确率，头骨（包括颅骨和下颌骨）准确率，均略低于国外报导的数据。这可能与黄种人两性差异不象白种人两性差异那样明显有关。

（一）骨盆

骨盆（包括髋骨、骶骨和尾骨）在性别鉴定中的重要性占第一位。骨盆的性别特征在青春期以后日趋明显（14—20岁），在这以前，骨骼的性别鉴别较困难，此时，两性的差别主要反映在骨骼的尺寸大小上。据统计，性成熟后，女性坐骨—耻骨指数要比男性高15%，同时坐骨大切迹性别差异亦较明显。据有些文献报导，单独根据坐骨大切迹可确定性别75%以上。有些学者提出，坐骨大切迹还可以作为成熟胎儿的性别鉴定依据。

骨盆的男女性别差异，在胎儿、婴儿期就已呈现出来。

从出生至1岁（婴儿期）的骨盆性别差异（图3—3）如下：

（1）比较明显的性别差异是男孩的骨盆高度、髂骨宽度和坐骨—髂骨间隙大于女孩；女孩的两坐

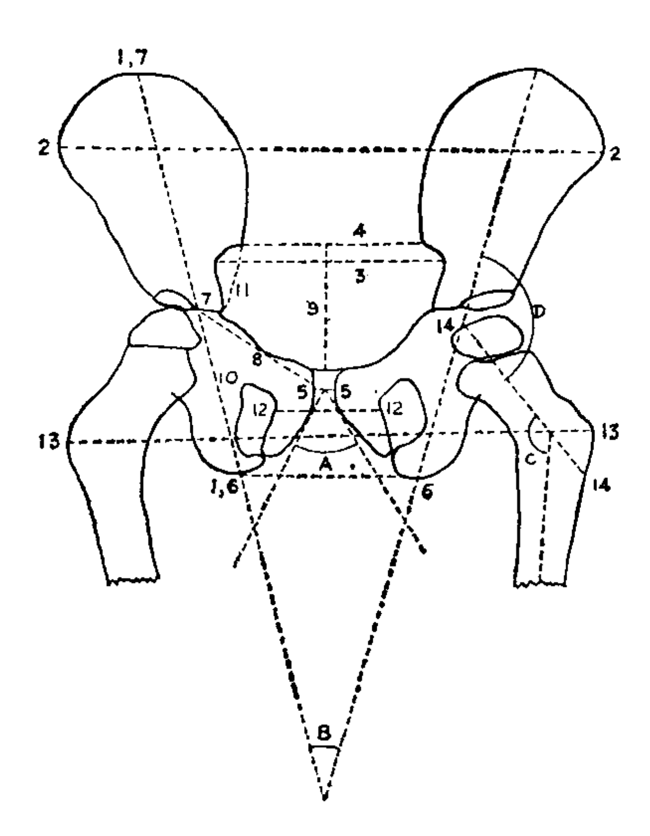


图3—3　婴儿期骨盆性别差异

1 骨盆高；2. 骨盆宽；3. 上口宽；4. 内髂宽；5.耻骨间宽；6.坐骨结节内侧宽；7.髂骨长；8.耻骨长；9.上口前后径；10.坐骨长；11.髂骨切迹宽；12 闭孔内宽；13.两股骨粗隆宽 14.股骨颈长；A—耻骨角；B—骨盆角；C—股骨角；D—股骨骨盆角

骨宽度、耻骨长度、坐骨大切迹宽度、入口相对宽度，以及前侧骨盆指数都大于男孩；

（2）男孩的骨盆宽度和髂骨指数（髂骨宽度/髂骨长度×100）大于女孩；而女孩的耻骨间宽大于男孩；

（3）女孩各测量值的变化比男孩为大。

2岁至9岁儿童骨盆的性别差异如下：

（1）比较明显的性别差异为男孩的骨盆高度、骨盆宽度、入口宽度、髂骨内宽、髂骨长度、坐骨长度、两坐骨结节间宽度、股骨颈长度和骨盆角等都大于女孩；而女孩的耻骨间宽、坐骨结节内侧宽、耻骨长度、髂骨切迹宽度、闭孔内宽、耻骨角、股骨一骨盆角和入口指数(入口矢状直径/入口宽度×100）都大于男孩；

（2）女孩测量值的变化大于男孩。

成年人的骨盆性别差异如下：

成人骨盆的性别差异十分明显，男性骨盆高而窄，骨面粗糙，盆腔各径小于女性，坐骨切迹窄而深，耻骨联合高，耻骨下角小，髂骨很少见到耳前沟；女性骨盆低而宽阔，骨质纤细光滑，髂翼向外张开，盆腔各径线量度大于男性，坐骨大切迹浅而宽，耻骨联合低，耳前沟经常出现，耻骨下角大于90度（见图3—4→3—7）。详细区别见表3—2。

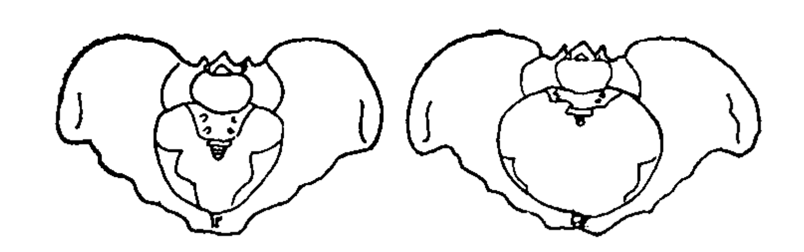


图3—4　男女骨盆上口形状，男呈心形，女呈椭圆形（右）

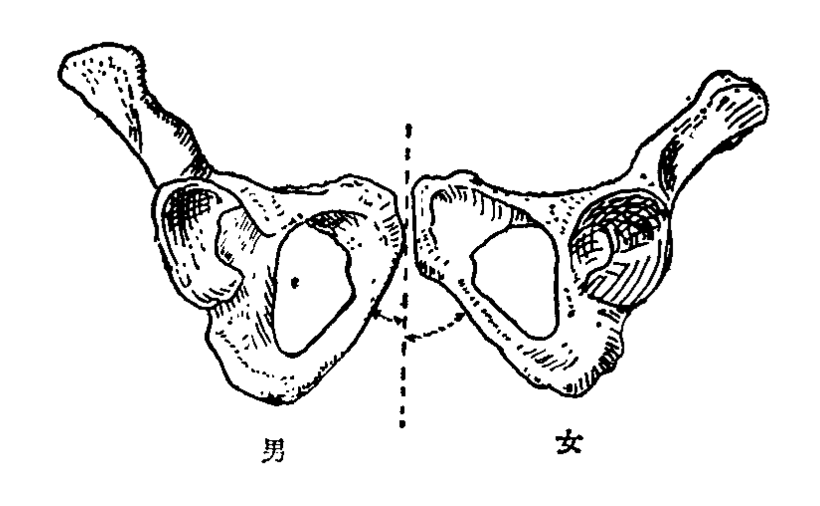


图3—5　耻骨角女性大于男性。（左）男，右（女）

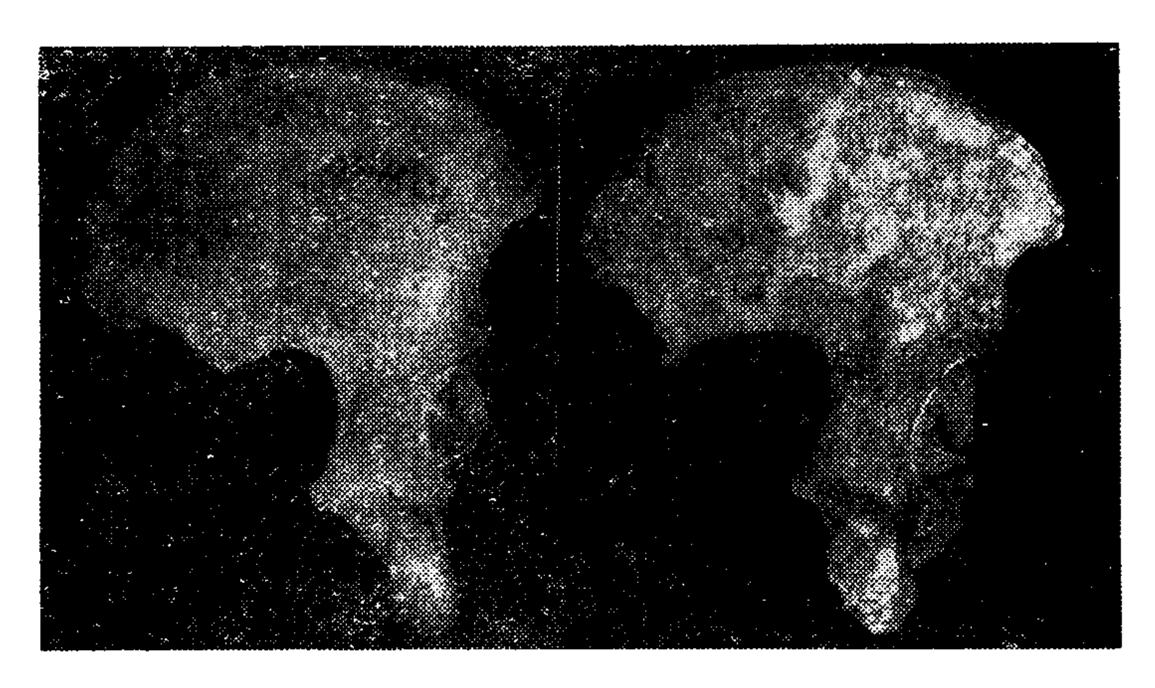


图3—6　坐骨大切迹 女（右）大于男（左）

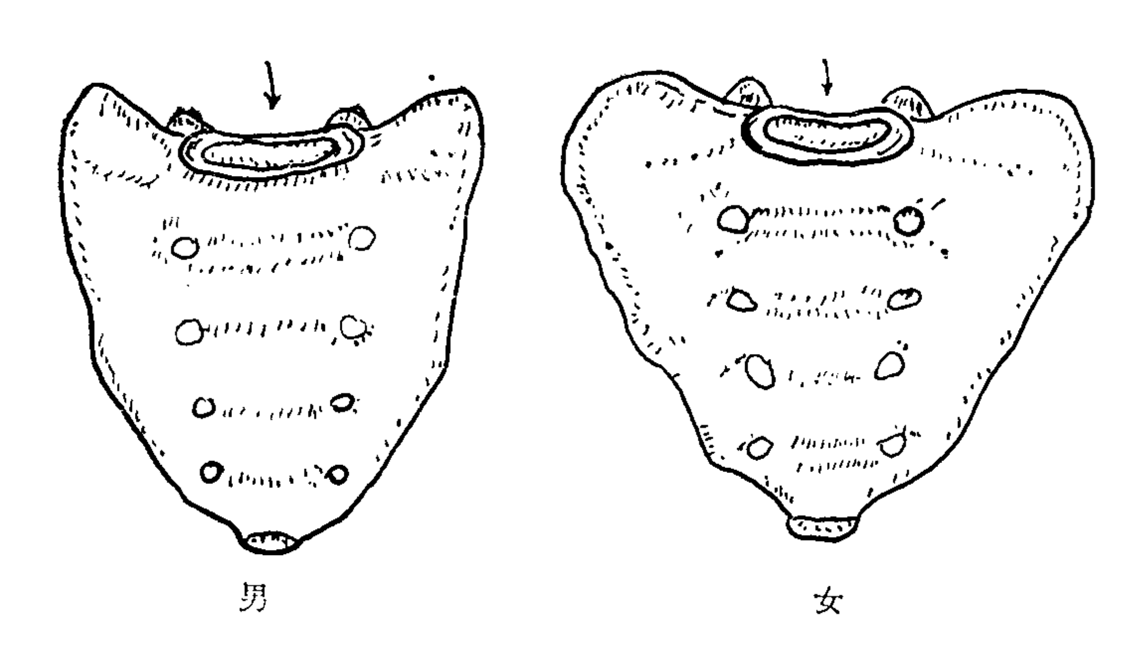


图3—7 骶骨上关节面女性约占底部三分之一（右），男性约占一半（左）

表3—2 男女骨盆形态上的区别

男	女
（1）整个骨盆：高而狭窄，骨质重，骨面粗糙，髂翼较厚。	低而宽阔，骨质轻而细致光滑，髂翼薄而透光。
（2）骨盆上口：纵径大于横径，呈心形。	横径大于纵径，呈横椭圆形。
（3）骨盆腔：高而窄，上大下略小，呈漏斗形。	短而宽，呈圆柱形。
（4）骨盆下口：狭小。	宽阔。
（5）骶骨：狭而长的三角形，弯曲度较大。	短而宽，弯曲度较小（上直下弯）。

男	女
（6）骶骨底部：第一骶椎上关节面大，约占底部2/5。	第一骶椎上关节面略小，约占底部的1/3。
（7）骶骨岬：显著。	不显著。
（8）耳状面：大而直，耳状面涉及三个骶椎。	小而倾斜，通常有两个骶椎或两个半骶椎参加，组成耳状面。
（9）耳前沟：很少见。	常见而且明显。
（10）髂翼：较直而高。	低而向外张开。
（11）坐骨大切迹：窄而深。	浅而宽。
（12）髋臼：大，向外侧。	小，向前外侧。
（13）耻骨联合：高。	低。
（14）耻骨弓角：约70—75°，呈V形，似中指与食指形成的角。	约90—110°，呈U形，似食指与拇指所形成的角。
（15）耻骨上下支结合部骨面：呈三角形。	近似方形。
（16）耻骨结节：结节间距较近而钝。	较远而锐。
（17）坐骨耻骨支：稍外翻。	甚外翻。
（18）闭孔：大而呈卵圆形，内角较钝约100—110°。	小而呈三角形，内角锐，约70°。
（19）坐骨大结节：不外翻。	外翻。

一九六九年，学者费纳斯（Phenice）提出耻骨三个骨性标志，作为区别男女的依据，这三个标志是：

（1）耻骨枝结合部腹侧面下内角上的三角形区域，有稍稍突起的骨嵴即称腹侧弧，女性有，男性无(图3—8)。



图3—8　男女耻骨腹侧面比较前头所指为女性腹侧弧

（2）耻骨下枝边缘（外缘），男性凸或平，女性凹，尤以背侧观察为明显（见图3—9）。

（3）从耻骨联合面的下端延长到耻骨下枝的嵴，男性呈宽阔的骨面，女性呈一骨嵴（图3—10）。

费纳斯仅根据这些特征对275个白人和黑人的骨骼进行鉴定，准确率达96%。

另外，在耻骨上的一个重要标志，是耻骨联合背侧近联合缘有不规则的粗糙骨面或黄豆大的骨质凹陷坑，称为“分娩伤疤”。“分娩伤疤”是妇女分娩时造成的损伤，存在这

种特征，即可确定为女性骨（见图3—11）。

这种分娩损伤还出现在骼骨耳状面前方，即耳前沟，亦称分娩沟（见图3—12），也是女性骨骼的重要征象。



图3—9 耻骨下枝边缘男凸女凹



图3—10 坐骨耻骨枝内侧缘男为骨面，女为骨嵴

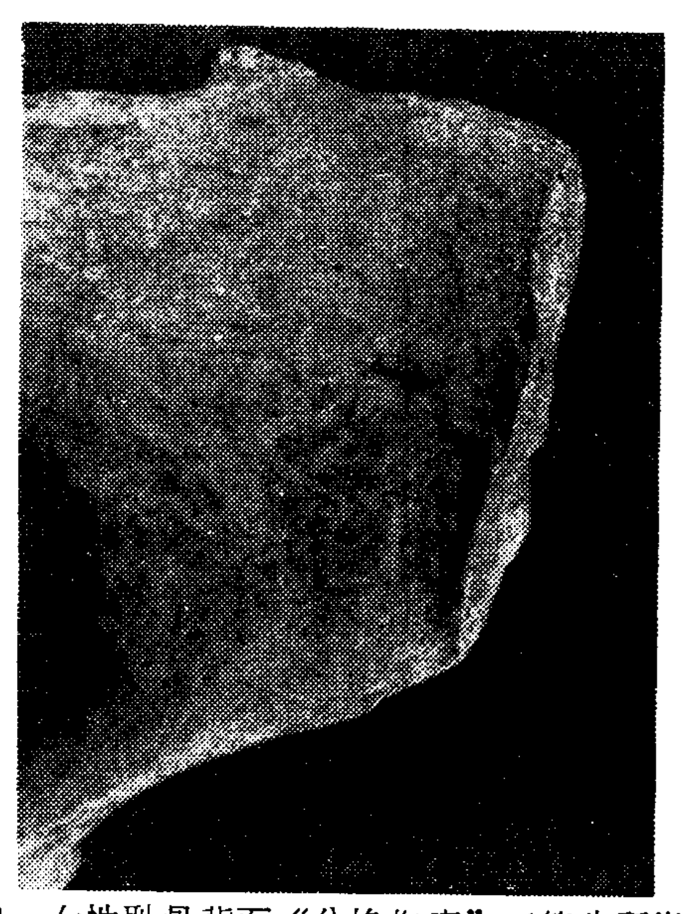


图 3—11　女性耻骨背面“分娩伤疤”（箭头所指）



图 3—12　女性髂骨的分娩沟（↑）

骨盆测量确定性别的方法：

（1）耻骨一坐骨指数。这是一种测量坐骨与耻骨长轴量度之间的比值，以确定性别的方法。如图3—13所示，A点设在髂、耻、坐三骨的汇合点，通常定位在髋臼月状面下缘一个切口上。由此点至耻骨联合上缘C点为AC线。由A点到坐骨结节最凸点B点为AB线。通常夹角CAB为90°。测量AC和AB两线长度，计算其长度比：

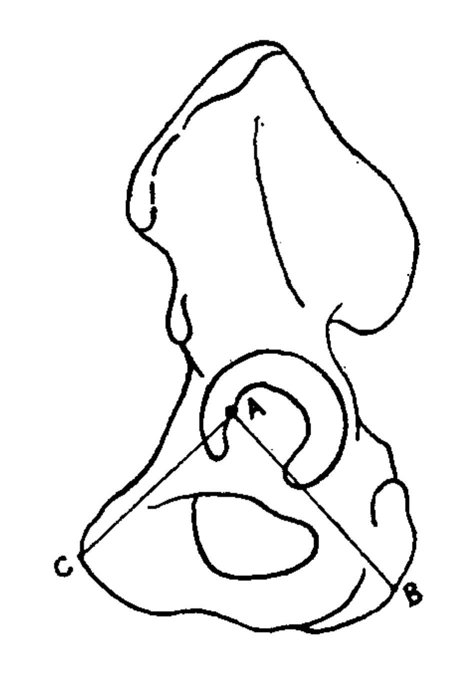


图3—13 坐骨和耻骨长轴测量点位置

$$坐骨一耻骨指数=\frac{耻骨长度\times 100}{坐骨长度}$$

我国对坐骨一耻骨指数缺乏统计，据柯应夔氏对995例我国女性骨盆的研究，认为我国女性骨盆不比白种女性骨盆为小。现将白色人种的坐骨一耻骨指数列出，供参考。

白人（200例）小于90则为男性；90至95其性别不能判定；大于95则为女性。

（2）坐骨大切迹测量法。如图3—14所示，C点设在髂后下棘最突出处，O点设在坐骨棘最突出点，S点取坐骨大切迹最深点。各点间连成SC、CO、SO各线。通过S点作一垂线交叉于CO，取交叉点P，并从S点沿坐骨大切迹长轴线引SA，即可按表3—3判断性别。

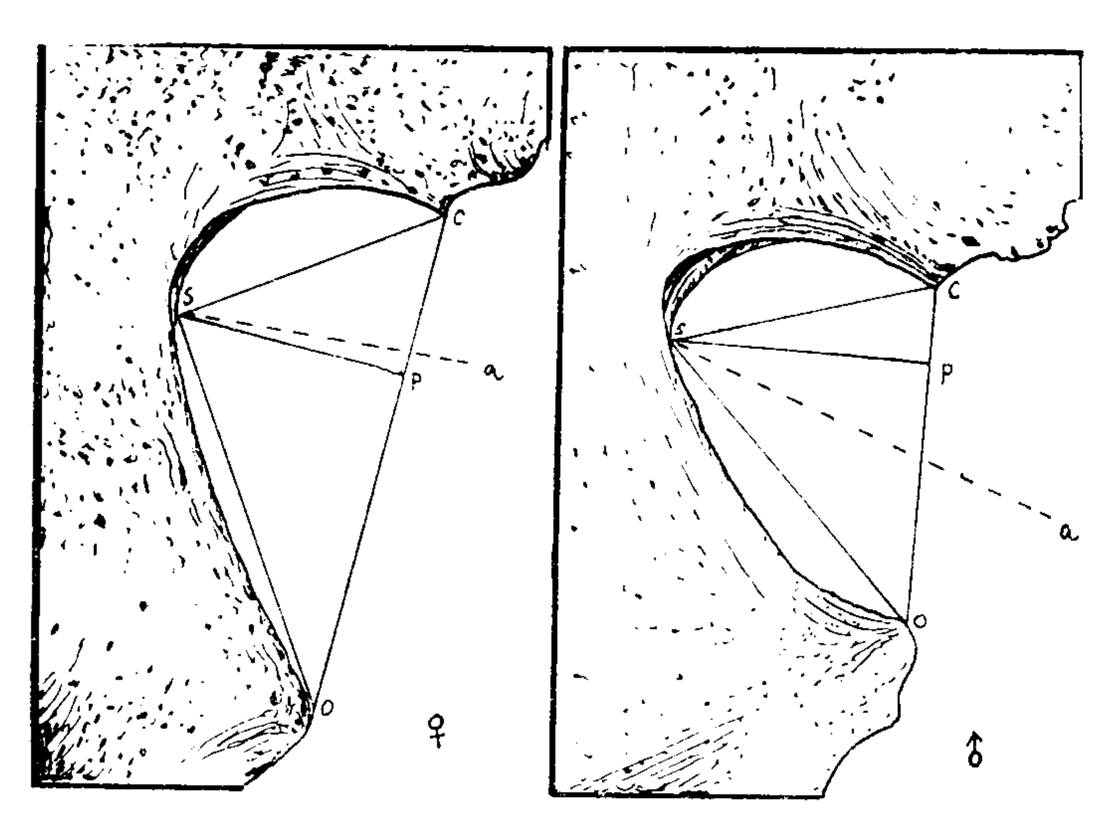


图 3 —14　坐骨大切迹测量点位置

表3—3　坐骨大切迹测量法确定性别

男　　　　性	女　　　　性
（1）长轴sa斜向下，与骶骨外缘平行。	（1）长轴sa系水平向，与骶骨外缘相垂直。
（2）∠cso系锐角。	（2）∠cso接近直角。
（3）小角口 cp 约 3—13 毫米，平均为10毫米。	（3）小角口 cp 为 10—31 毫米，平均约为17毫米。
（4）上弧弦sc约29毫米。	（4）上弧弦sc为34.5毫米。
（5）口指数cp/co×100约为13—39.4毫米，平均为20.8毫米，大多为15.4毫米。	（5）口指数约为21.2—52.8毫米，平均为35.4毫米，大多为22.2毫米。

（二）颅骨

颅骨在性别鉴定中的重要性仅次于骨盆。特别在青春期后，除少数居于男女两者之间，一般颅骨的性征差异较为明显。

男性颅骨大而粗涩，眉弓发达，额鼻关节低凹，前额较倾斜，颧骨较突出，乳突发达，眶深，颅底长；而女性颅骨相对较小而光滑，眉弓不发达，额结节明显，颧骨不突出，乳突较小，眶浅，颅底较短，呈儿童型（图3—15）。现将颅骨的性别差异列于表3—4。

表3—4 男、女颅骨的性别差异

男性	女性
（1）颅容积：约1450毫升。	约1300毫升。
（2）结构：凹凸不平，肌线明显。	较光滑，肌线不发达。
（3）乳突：发达，乳突上嵴明显，乳突尖可作支点，较稳固。乳突后缘较长，围径大。	不发达，乳突上嵴不明显，颅骨放在平面上仅齿槽突和枕骨为支点，不稳定。乳突后缘短，围径小。
（4）枕部：肌线及枕外隆凸明显。	肌线不明显，枕外隆凸不发达。
（5）额骨：额鳞斜度较大，表面不圆。	额鳞坡度小，较圆而丰满。

（6）额结节：小而不明显。	大而明显。
（7）顶结节：较小。	较大。
（8）眉间凸度：大，突出于鼻根上。	小，较平直。
（9）鼻根点凹陷：较深。	较浅。
（10）眉弓：中等到特别明显。	微显到中等。
（11）眼眶：呈类方形，较低，相对较小，眶上缘钝。	类圆形，较高，较大，眶上缘锐。
（12）齿槽弓：较大，近U形。	较小而尖，呈抛物线形。
（13）牙：下颌第一磨牙一般有5个牙尖。	下颌第一磨牙一般为4个牙尖。
（14）枕骨髁：大。	小。
（15）枕大孔：大。	小。
（16）下颌关节：大。	较小。
（17）梨状孔形状：高而窄。	低而圆。
（18）面部：长。	短。
（19）面颊骨：较深，外侧多突出。	浅，较紧凑。
（20）颅壁：厚而重。	薄而轻。
（21）颧骨：较高而粗壮，颧弓较粗。	较低而薄弱，颧弓较细。

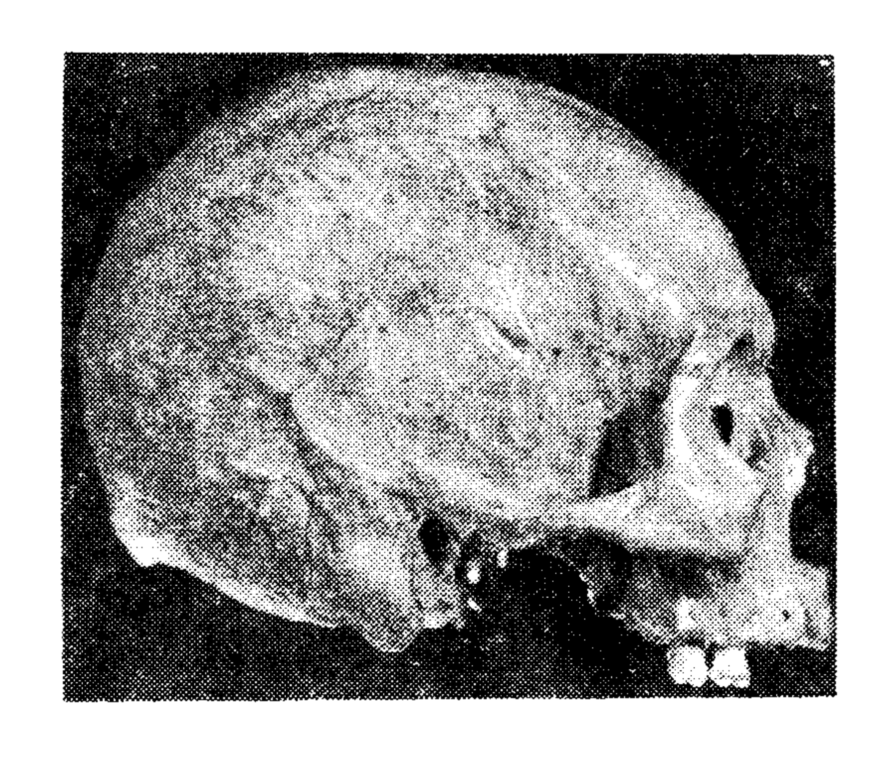




图3—15 颅骨（上）男、（下）女

（三）下颌骨

下颌骨的性征亦较明显，单个下颌骨作性别判断时，其准确率可达70%。14岁以下的下颌骨作性别判定比较困难。

下颌骨判定性别，主要是根据骨骼粗壮程度和轻重，颏部发达与否，以及下颌角倾斜度等等。现将下颌骨的性别差异列于表3—5。

表3—5 下颌骨的性别差异

男　性	女　性
（1）整体：粗大，较厚而重。	较小而弱，骨质较轻。
（2）下颌体：较高，平均高度为29.1毫米，下颌联合处尤为明显。	较低，平均高度为26.3毫米。
（3）颏部：颏结节发达，近于方形，骨质厚。	较小，圆而尖，骨质较男性为薄。
（4）下颌角区：较粗糙，往外翻。	粗糙程度较轻，外翻不明显。
（5）下颌角：较小，小于120°。	较大，大于125°。
（6）下颌枝：较宽，最大宽度约42.4毫米。	较窄，最大宽度约39.1毫米。
（7）颏孔：颏孔距正中矢状面约26.8毫米。颏孔约4.78×3.45毫米，略大于女性。	颏孔距正中矢状面约25.9毫米。颏孔约4.58×3.16毫米。
（8）下颌小头：肥大，壮实。	较为弱小。

（四）头骨多元分析确定性别

近些年来国外采用一种“多元分析法”来判断人骨的性别。这种方法系利用由颅骨的诸参数组成的多元函数方程式组进行运算。现选用日本人头骨性别识别的函数公式，作为鉴定我国人头骨的男女性别时参考。见表 3 — 6 及表 3 — 7。

表 3—6　日本人颅骨测量值　　单位：mm(据Hanihara)

测量值	男				女			
	N	$\bar{X}$	Sx	u^2	N	$\bar{X}$	Sx	u^2
X_1	64	180.1	2009.60	31.90	41	170.6	1950.37	48.76
	60	180.2	1909.80	32.37	40	170.8	1890.40	48.47
X_2	64	139.8	1667.20	26.46	41	136.8	935.21	23.38
	60	139.9	1621.40	27.48	40	136.6	865.60	22.19
X_3	64	138.2	1289.44	20.52	41	130.9	570.72	14.27
	60	138.4	1172.40	19.87	40	130.9	566.60	14.53
X_4	64	132.0	1338.88	21.25	41	125.5	708.89	17.72
	60	132.4	1184.40	20.07	40	125.5	714.00	18.31
X_5	64	69.3	1083.52	17.20	41	65.5	397.70	9.94
X_6	60	69.4	2466.60	41.81	40	88.9	1406.80	36.07
X_7	60	34.2	477.60	8.09	40	30.6	225.60	5.78
X_8	60	60.9	1023.60	17.35	40	54.1	393.60	10.09
X_9	60	33.3	493.80	8.37	40	31.1	219.60	5.63

表 3—7　日本人颅骨的识别函数　单位：mm（据Hanihara）

名　称	识　别　函　数	识别数值	误差概率
头　骨	$Y = X_1 + 2.6139X_3 + 0.9959X_4 + 2.3642X_7 + 2.0552X_8$	850.6571	0.1029
	$Y = X_1 + 2.5192X_3 + 0.5855X_4 + 0.6607X_6 + 2.7126X_8$	807.3989	0.1075
	$Y = X_1 + 0.7850X_4 + 0.4040X_6 + 1.9808X_8$	428.0524	0.1357
	$Y = X_1 + 2.5602X_3 + 1.0836X_4 + 2.6045X_8$	809.7200	0.1107
	$Y = X_1 + 2.2707X_3 + 1.3910X_4 + 2.7075X_7$	748.3422	0.1122
颅盖骨	$Y = X_1 + 0.0620X_2 + 1.8654X_3 + 1.2566X_4$	579.9567	0.1358
	$Y = X_1 + 0.2207X_2 + 1.0950X_4 + 0.5043X_5$	380.8439	0.1693
下颌骨	$Y = X_6 + 2.2354X_7 + 2.9493X_8 + 1.6730X_9$	388.5323	0.1439

上列表3—6及表3—7中，X_1为颅长；X_2为颅宽；X_3为颅高；X_4为面宽；X_5为上面高；X_6为下颌角间宽；X_7为下颌联合高；X_8为下颌枝高；X_9为下颌枝宽。

N为样品数；$\bar{x}$为平均值；S_x为离差平方和；U^2为均方。

鉴定时首先取得颅长、颅宽、颅高等等测量数值，然后代入Y识别值的公式。大于Y识别值为男性，小于Y识别数值则为女性。用此识别函数公式可能有10.29%—16.93%的误差。

例一：保存完整的头骨，先测量其颅长、颅高、面宽、下颌联合高、下颌枝高的数值，代入公式，即得：

Y＝颅长（X_1）＋2.6139×颅高（X_3）＋0.9959×面宽（X_4）＋2.3642×下颌联合高（X_7）

$+2.0552\times$下颌枝高（X_8）

如Y识别值大于850.6571者为男性；小于850.6571者，则为女性。

例二：如仅保存下颌骨，则先测得下颌骨角间宽、下颌联合高、下颌枝高、下颌枝宽的数值，再代入公式，即得：

$$Y=\text{下颌角间宽}(X_6)+2.2354\times\text{下颌联合高}(X_7)+2.9493\times\text{下颌枝高}(X_8)+1.6730\times\text{下颌枝宽}(X_9)$$

如Y识别值大于388.5323，则为男性；小于388.5323则应为女性。

（五）根据长管骨确定性别

单纯根据某一长管骨确定性别较为困难，但与颅骨或骨盆相配合，则能提高性别判定的准确率。

（1）**股骨**：是长管骨中用以判定性别的最有价值的骨骼。从形态学观察，男性股骨比较粗壮，骨体长，骨质重，股骨头大；而女性股骨则较不粗壮，骨体较短，骨质相对较轻，股骨头较小（见表3－8）。

（2）**肱骨**：在四肢骨长度的男女差异中，上肢骨比下肢骨为大，肱骨尤为显著。肱骨的平均长度男性为26.6厘米（左侧）和26.9厘米（右侧）；女性为25厘米（左侧）和25.2厘米（右侧）。男性肱骨较强壮，肱骨头较大，骨干最小周长比女性大；女性肱骨骨质较纤弱，骨干最小周长比男性小，骨质较轻。其性别差异见表3－9。

表3—8　股骨的性别差异

男　　性	女　　性
1.股骨长：左43.6厘米，右43.5厘米（平均）。	左39.8厘米，右39.7厘米（平均）。
2.股骨头纵径：约4.7厘米。	约4.0厘米。
3.股骨颈纵径：3.13厘米。	2.7厘米。
4.颈干角：132.1°	127.7°
5.骨干向前弯曲度：较小。	较大。
6.股骨下端放平时的外斜角：约80°。	约76°。

表3—9　肱骨的性别差异

男　　性	女　　性
1.肱骨长：左侧26.6厘米，右侧26.9厘米。	左侧25厘米，右侧25.2厘米。
2.肱骨头纵径：约4.85厘米。	约4.26厘米。
3.三角肌粗隆：粗壮，很明显，范围较大。	面积较小，较明显。
4.鹰嘴窝与喙突窝之间骨质较薄。前臂伸张时，肘关节一般小于120°。	鹰嘴窝与喙突窝之间骨质菲薄，常见透明或仅一层纤维组织，或穿孔。前臂伸张时，肘关节常大于120°。
5.骨干最小周长大于女性。	骨干最小周长小于男性。

（3）尺骨：尺骨在长度、骨重量、骨干周长、下端宽所反映的两性差异已有报导。表3—10是尺骨长的两性区

别。

表3—10　尺骨长度的两性区别（厘米）

测量项目	右		左	
	男	女	男	女
平均值	26.297	23.68	26.19	23.44
范围	24.0—28.8	21.8—26.8	24.0—28.8	21.8—26.8
识别点	>26.8	<24.0	>26.3	<24.0
识别百分比	36%	62%	26%	70%

男性的尺骨长度为24.0—28.8厘米，平均值为26.297厘米±2.98；女性的尺骨长度在21.8—26.8厘米之间，平均值为23.68厘米。由于女性右尺骨最大长度为26.8厘米，以此作为识别点（鉴定点），则有36%的男性骨可以被鉴别出来；同样，男性右尺骨最短为24厘米，则根据此鉴定点可识别出62%的女性右尺骨。

（六）根据肩胛骨确定性别

已经有不少法医学家在测量肩胛骨时，发现男女两性在数值上有明显差别。

肩胛骨形态学高度（长度），平均男性高于女性2—3厘米。男性左侧为154.5毫米，右侧为153.8毫米；女性左侧为134.4毫米，右侧为133.7毫米。

肩胛骨宽度平均男性大于女性1厘米左右。男性左侧为101毫米，右侧为101毫米；女性左侧为89.5毫米，右侧为

89.3毫米。

肩胛关节盂的长与宽，男性都大于女性，关节盂的面积也大于女性。

肩胛骨的厚度，男性同样大于女性。

有人将肩胛骨的形态学高度、宽度、关节盂面积及肩胛骨厚度归纳得出判断系数，以此来确定男性还是女性。

（七）根据胸骨、锁骨确定性别

胸骨柄和胸骨体的各径数值，男性都大于女性。有人统计，男性胸骨体与胸骨柄长度之比大于两倍；女性则小于两倍。

锁骨的性别差异是男性比女性长而粗。男性锁骨长度为145.9—147毫米；女性为128.5—133.2毫米。中央周径男性为36.93毫米；女性为31.55毫米。

（八）根据残骨判定性别

根据不完整的人骨作性别判断，已经有不少国家的法医学家和人类学家进行过研究。现将日本学者植原等人对日本人残骨研究所得出的性别识别函数列表于下供参考（见表3—11）。

例一：如仅保存右肩胛骨，则先测得肩胛解剖学宽度（形态宽）、肩胛冈投影长度（肩胛冈长）、关节盂长度、关节盂宽度的数值（见表 3—11 附图）。再代入公式，即得：

Y = 解剖学宽度（X_1）$+6.3352\times$ 肩胛冈投影长度（X_3）$+12.6642\times$ 关节盂长度（X_4）$+10.9914\times$ 关节盂

表 3—11 日本人残骨性别识别函数（植原等人）及男性指数对数值计算公式

名称	识别函数 Y =	误差概率 α =	男性指数对数值 10gM =	男性中y均值 $\bar{y}_m$ =
骨骼	X_1：颅高（3），X_2：颅长（1），X_3：右股骨最大长(35)，X_4：右肩胛关节盂长（14），X_5：坐骨—耻骨指数百分比（20，植原等人），X_6：骶椎总宽（10，植原等人）			
1	$X_2+0.0506X_3+7.9366X_4-5.6025X_5+2.0930X_6$	0.0113	$0.07803(Y-244.1275)$	301.9997
2	$X_1+0.0305X_3+4.3903X_4-2.6538X_5$	0.0122	$0.16616(Y-117.1131)$	143.5962
3	$X_1+0.1763X_3-3.2809X_5+2.0895X_6$	0.0356	$0.09496(Y-142.1247)$	171.8981
4	$X_2+0.1381X_3+8.1173X_4-5.1558X_5$	0.0139	$0.08437(Y-157.7586)$	207.5940
5	$X_2+8.0350X_4-5.5858X_5+2.1520X_6$	0.0116	$0.07794(Y-233.0865)$	290.5189
6	$X_2+0.2201X_3-3.8161X_5+2.4908X_6$	0.0256	$0.09315(Y-194.5544)$	230.0041
7	$X_2+4.7573X_4+2.1239X_6$	0.0749	$0.08222(Y-494.3616)$	516.2737
右肩胛骨	X_1：解剖学宽度（11），X_2：解剖学长度（12），X_3：肩胛冈投影长度（13），X_4：关节盂长度（14），X_5：关节盂宽度（15）			

（续　表）

1	$X_1+6.3352X_3+12.6642X_4+10.9914X_5$	0.0318	$0.02791(Y-1660.1667)$	1767.2558
2	$X_1+1.8988X_3+11.9217X_4$	0.0401	$0.05218(Y-782.1019)$	833.0505
3	$X_1+1.3502X_2+10.9398X_4$	0.0436	$0.06086(Y-634.7529)$	676.5069
髋骨　X_1：骨盆高度（16），X_2：坐骨长度（17），X_3：坐骨切迹宽（18），X_4：坐骨一耻骨指数百分比（19）				
右1	$X_1-0.8869X_2-0.9408X_3+1.3615X_4$	0.1190	$0.08715(Y-204.6686)$	218.5464
右2	$X_1-1.3634X_3+1.5084X_4$	0.1250	$0.06004(Y-265.2033)$	284.3505
左1	$X_1-0.7369X_2-1.0709X_3+1.4145X_4$	0.1112	$0.08053(Y-213.5424)$	229.6011
左2	$X_1-1.4607X_3+1.5450X_4$	0.1141	$0.06219(Y-262.8309)$	283.1104
四肢长骨　肱骨X_1：最大长度（21），X_2：最大上髁宽度（22），X_3：最小周长（23）				
右	$X_1+8.7256X_2+7.3939X_3$	0.0708	$0.02221(Y-1189.5143)$	1274.0190
左	$X_1+6.1982X_2+3.2210X_3$	0.0643	$0.03756(Y-804.2788)$	857.6788
桡骨　X_1：总长（24），X_2：骨干中点周长（25），X_3：小头周长（26），X_4：远端中间偏侧部位直径（27）				

（续　表）

右	$X_1+1.9170X_2+2.9914X_3+9.1258X_4$	0.0329	0.05344(Y－763.9183)	818.9318
左	$X_1+1.2732X_2+3.1626X_3+7.7106X_4$	0.0301	0.05778(Y－696.9655)	750.0604
尺骨　X_1：总长（28），X_2：骨干横径（29），X_3：小头最大直径（30，植原）				
右	$X_1+8.0685X_2+5.5512X_3$	0.1112	0.03953(Y－441.5381)	474.2491
左	$X_1+6.5013X_2+2.8814X_3$	0.0951	0.05806(Y－370.2531)	395.9258
股骨　X_1：股骨最大长（31），X_2：股骨头直径（32），X_3：骨干最小横径（33，植原），X_4：远端宽（34）				
右	$X_1+9.8542X_2+11.9880X_3+4.1270X_4$	0.0381	0.03077(Y－1431.8164)	1520.2073
左	$X_1+9.3511X_2+8.3691X_3+3.5747X_4$	0.0409	0.03489(Y－1277.8337)	1353.2284
胫骨　X_1：最大长度（36），X_2：骨干中点前后径（37），X_3：骨干最小周长（38），X_4：近端宽（39）				
右	$X_1+4.2635X_2+7.5435X_3+12.2130X_4$	0.0401	0.02283(Y－1802.0956)	1918.5299
左	$X_1+2.9538X_2+5.6051X_3+10.2115X_4$	0.0427	0.02685(Y－1494.5443)	1590.2570

注：除注明者外，测量值以毫米为单位。括号内数字见图示。

表3—11附图　骨骼测量示意图

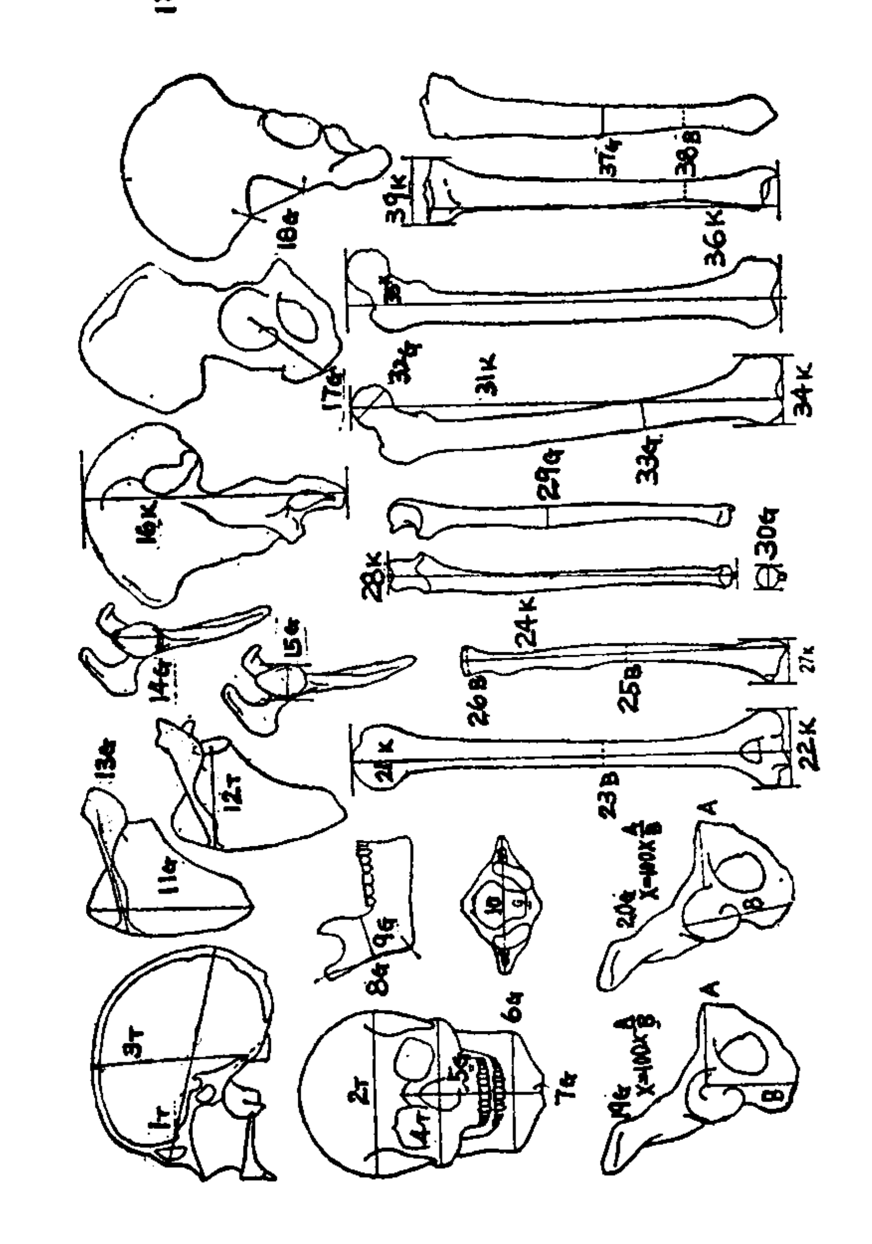


表3—11　附图

图中数字同表8——10甲中括号内数字相对应，T（弯脚规）、G（直脚规）、K（测骨盘）、B（卷尺）是指测量该项目时所用的工具

宽度（X_5）

如Y识别值大于1660.1667，则为男性。

例二：如仅保存左股骨，则先测得股骨最大长、股骨头直径、骨干最小横径、远端宽的数值。再代入公式，即得：

Y＝股骨最大长（X_1）＋9.3511×股骨头直径（X_2）

$+8.3691\times$骨干最小横径（X_3）$+3.5747\times$远端宽（X4）

如Y识别值大于1277.8337，则为男性。

五、骨骼年龄鉴定

法医在检验无名尸骨时，都要对骨骼年龄作出鉴定。目前国内外骨骼年龄的鉴定方法仍然以大体形态学观察为主，还不能达到十分精确地测定骨骼年龄的程度。其原因是各种主观和客观因素对骨骼年龄变化的进程产生各种影响，使同一年龄的骨骼，出现不同的发育程度；而相似的骨骼发育程度，却有不同的骨骼年龄。骨骼年龄的变化，与本人的营养和健康状况有关。营养和健康状况极佳的人，其骨骼发育情况远比从小营养不足或患有慢性消耗性疾病的人为好。有些学者认为，骨骼年龄与种族差异之间的影响不明显。地理位置对人体骨骼发育有影响：热带地区比温带地区发育早；温带地区又比寒带地区发育为早，大约各相差一岁左右。骨骼年龄与性别有关，其差别为女性略早于男性：5岁—10岁间差1年；10—15岁间差2年；15—20岁间差1年。一般认为，对有经验的法医工作者来说，20岁以前，从骨骼鉴定年龄的误差在2年左右；20岁以后，以耻骨联合面的年龄变化最有价值；而其它骨骼的年龄鉴定可能有5年以上的误差。因此，在实际案件检验中，应尽可能对不同骨骼采用多种鉴定方法，以便进行校核，提高鉴定的准确性。

（一）骨化点的出现和骨骺的愈合

对未成年骨骼的鉴定，主要依据骨化点的出现和骨骺的

愈合。人骨是由许多原先为独立的骨化点发育生长而成的。在出生前约十一周，这种骨化点有806个之多；以后逐渐发育融合，待出生时已下降到约450个；到成人骨骼时仅206个，比最初时减少了600个骨化点。这种骨化点的出现、发育和消失过程是有一定的时间和顺序的。因此，这种变化是骨骼的可靠的年龄标志。

以长管骨为例，骨化愈合过程可分为未愈合、开始愈合、接近愈合和完全愈合四个阶段。

第一阶段（未愈合）：骨骺与骨干之间有明显的间隙，有软骨板相隔。成骨骸之后，骨骺与骨干脱离，而在骨面留下波纹样凹凸花纹，其边缘呈锯齿状。

第二阶段（开始愈合）：骨骺与骨干之间裂隙变得细小，锯齿状边缘逐渐消失。这一阶段的特征是骨干与骨骺之间的间隙消失，两边缘开始愈合，原来粗糙表面变得平滑。

第三阶段（接近愈合）：骨骺与骨干基本愈合，仅在骺干之间留下一条细的分界线。这条线在不同骨骼上各有变化，新鲜浸渍骨往往能见到微红色。

第四阶段（完全愈合）：表示已完全愈合，骨骺线已成为骨性的痕迹，但需与胫骨近端和股骨远端骨膜附着线相区别。

骨化点的出现和骨骺的愈合情况见表3—12。

表 3—12　四肢骨骨化点出现与骨骺愈合的时间

骨化点			骨化点出现时间		骨骺愈合时间
名称		数目	胎儿(周)	出生后(岁)	(岁)
锁骨	体（出现于膜内）	1—2	6		22—25
	胸骨端	1		18—20	
肩胛骨	体	1	8		18—24
	喙突	1		1	
	肩峰突端	1		11—18	
	关节盂	1		11—18	
	下角	1		11—18	
	脊柱缘	1		11—18	
肱	头	1	8	1	20—22
	大结节	1		2	
	小结节	1		3—4	

骨	体	1	8			
	肱骨小头	1		2	18—20	
	内上髁	1		6—8		
	滑车	1		9—10		
	外上髁	1		12—13		
尺骨	鹰咀	1	8	8—11	16—17	20
	体	1				
	小头	1		7—8		
桡骨	小头	1	8	5—6	17—18	20
	体	1				
	下端	1		1—2		
头状骨		1		1		
钩骨		1		1		
三角骨		1		3		

骨	部位	列1	列2	列3	列4
月骨		1		4	
舟骨		1		5	
大多角骨		1		6	
小多角骨		1		7	
豌豆骨		1		8—14	
拇掌骨	底	1		2—3	15—20
	体	1	12		
其它掌骨	小头	1		2—3	15—20
	体	1	12		
指骨	底			2—3	18—20
	体				
髋	髂骨体	1	8		14—16
	坐骨体	1	12		
	耻骨体	1	20		

骨	髋臼	1		12—19	20—25
	耳状面	1		12—19	
	联合面	1		12—19	
	髂前下棘	1		12—19	
	髂嵴	1		12—19	
	坐骨结节	1		12—19	
	耻骨结节	1		12—19	
	髂耻隆起	1		12—19	
股骨	头	1		1	18—19；19—24
	大转子	1		3—4	17—18；18—19；19—24
	小转子	1		9—14	17—18；19—24
	体	1	7		19—24
	下端	1	36		19—24
髌骨		数个		3—5	6—7

胫骨	上端	1	8	1	16—19（下端与体）	19—24（上端与体）
	体	1				
	下端	1		2		
腓骨	上端	1	8	3—5	20—22（下端与体）	22—24（上端与体）
	体	1				
	下端	1		2		
跟骨体		1	24	7—9	12—15	
跟骨结节		1				
距骨		1	28—32			
骰骨		1	36			
第三楔骨		1		1		
第一楔骨		1		2—4		
第二楔骨		1		3—4		
舟骨		1		4—5		

注：跖骨、趾骨的骨化点出现与骨骺愈合情况与掌骨、指骨相同。

（二）从骨骼长度推算年龄

从胎儿出生到发育停止以前，骨骼的长度随着年龄而增加，这种变化受到个体遗传和营养状况的影响，但可以作为推断儿童年龄的参考。

（1）根据头—臀长推断3个月胎儿至出生时的年龄（见表3—13）。

表3—13　三个月至出生前胎儿的年龄判断

胎儿年龄	头—臀长度	其他重要特征
3个月末	约7cm	——
4个月末	约13cm	——
5个月末	约18cm	外生殖器发育，已可判定性别；跟骨出现主要骨化点。
6个月末	约22cm	——
7个月末	约26cm	距骨出现主要骨化点，胎儿可存活。
8个月末	约30cm	——
9个月末或出生前	约34cm	股骨下骺出现骨化点，出现骰骨的骨化点，有时胫骨上骺之一出现骨化点。

（2）以股骨最大长度为标准尺寸，其它长骨与股骨之间的百分比，随着年龄增长而改变。其改变情况如表3—14。

表3—14　股骨长度与其它长骨之间的关系（百分比）

骨　　名	出　生　前	出生后至6岁	6岁至12岁	成　　人
胫　　骨	88.0	80.0	80.0	80.0
腓　　骨	83.0	78.0	78.0	78.0
肱　　骨	89.0	78.0	73.0	73.0
桡　　骨	72.0	56.0	56.0	56.0
尺　　骨	82.0	62.0	57.0	57.0

（三）根据牙齿推断年龄

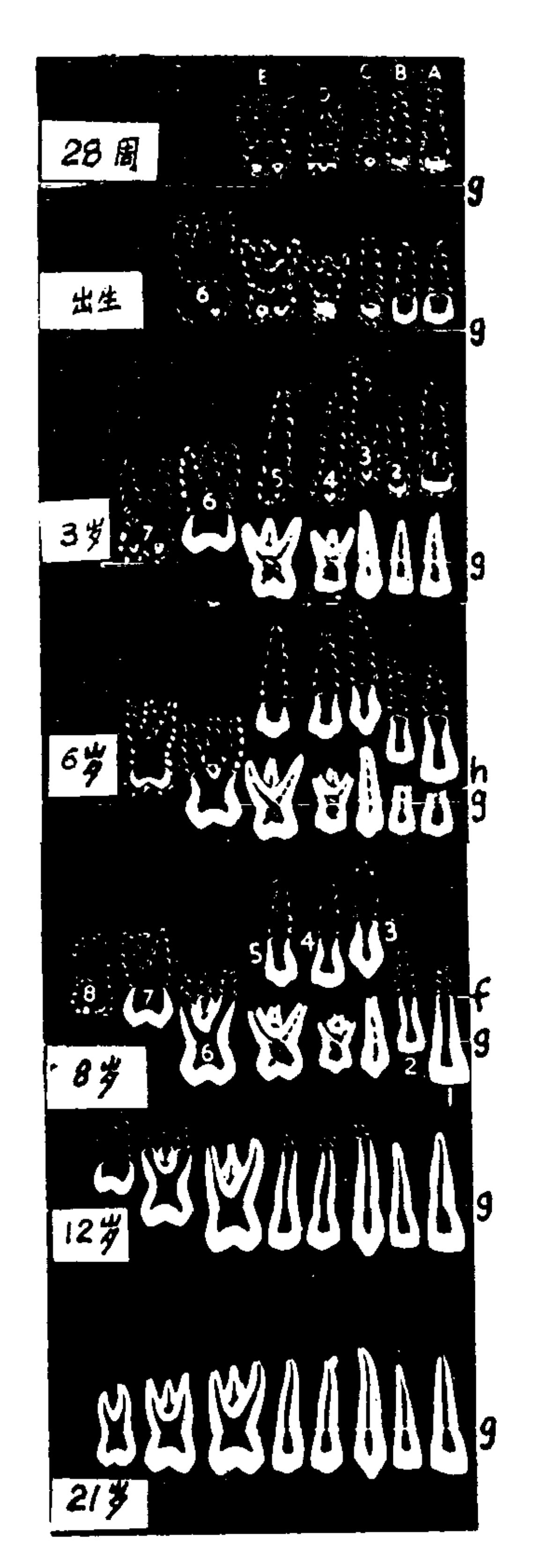
1.根据牙齿萌出时间推断年龄

牙齿硬组织在颌骨内的形成，以及牙根发育和牙齿的萌出，是一个很复杂的过程。这个过程随着年龄增长而发生规律性的变化。一般来说，牙齿萌出都有一定的时间，而且同时成对萌出，下颌牙先于上颌牙萌出。男孩牙齿平均萌出时间晚于女孩。

人类牙齿的发育时间见表3—15。

我国婴儿约在6—8个月时，下颌中切牙最先出现；1岁以后第一磨牙萌出；约2岁全部乳牙出齐。恒牙的萌出则较晚，我国儿童至6岁左右，在第二乳磨牙的后方萌出第一恒牙，这是最早萌出的磨牙。然后，乳牙在恒牙生长的压力下，使乳牙根部开始吸收，恒牙逐渐长出，一直到乳牙根吸收到一定程度，牙冠失去依托支持，才松动脱落，而恒齿则相继萌出。这种乳牙脱落，代之以恒牙萌出，称为换牙。乳中切牙和乳侧切牙，在换牙前恒牙位于它们的舌侧，而前磨

牙和磨牙则位于乳牙的牙根部位。我国乳牙和恒牙的萌出时间表如图 3—16、3—17，表 3—16。



上 乳 牙

A——中门牙；B——侧门牙；C——犬牙；

D——第一臼齿（磨牙）；E——第二磨牙；

f——形成牙根；g——牙龈面；h——牙根吸收；

上 恒 牙

1——中门牙；2——侧门牙；3——犬牙；

4——第一前磨牙；5——第二前磨牙；

6——第一磨牙；7——第二磨牙；

8——第三磨牙

图 3—161 乳牙和恒牙萌出状态。虚线表示整个形态

表3—15 人类牙齿

牙齿名称		发生	钙化
乳牙	中切牙	胎儿第2月	胎儿4—$9^{1}/_{2}$月
	侧切牙	胎儿第2月	胎儿$4^{1}/_{2}$月
	尖牙	胎儿第2月	胎儿5—$5^{1}/_{2}$月
	第一磨牙	胎儿第2月	胎儿5月
	第二磨牙	胎儿第2月	胎儿6月
上颌牙（恒牙）	中切牙	胎儿$5^{1}/_{2}$月	3—4月
	侧切牙	胎儿$5^{1}/_{2}$月	10—12月
	尖牙	胎儿6月	4—5月
	第一前磨牙	出生时	$1^{1}/_{2}$—$1^{3}/_{4}$月
	第二前磨牙	胎儿10月	2—$2^{1}/_{2}$年
	第一磨牙	胎儿4月	出生时
	第二磨牙	出生后9月	$2^{1}/_{2}$—3年
	第三磨牙	生后4—5年	7—9年
下颌牙（恒牙）	中切牙	胎儿$5^{1}/_{2}$月	3—4月
	侧切牙	胎儿$5^{1}/_{2}$月	3—4月
	尖牙	胎儿6月	4—5月
	第一前磨牙	出生时	$1^{3}/_{4}$—2年
	第二前磨牙	胎儿10月	$2^{1}/_{4}$—$2^{1}/_{2}$年
	第一磨牙	胎儿4月	出生时
	第二磨牙	生后9月	$2^{1}/_{2}$—3年
	第三磨牙	生后4—5年	8—10年

注：* 出牙是指牙冠露出口腔内的时间

此表参照河北新医大学《人体解剖学》

的发育时间

釉质完成	出牙*	牙根完成	脱落
4月	6—8月	$1^1/_2$—2年	7年
5月	6—10月	$1^1/_2$—2年	8年
9月	16—20月	$2^1/_2$—3年	12年
6月	12—16月	2—$2^1/_2$年	10年
10—12月	20—30月	3年	11—12年
4—5年	7—8年	10年	—
4—5年	8—9年	11年	—
6—7年	11—12年	13—15年	—
5—6年	10—11年	12—13年	—
6—7年	10—12年	12—14年	—
$2^1/_2$—3年	6—7年	9—10年	—
7—8年	12—13年	14—16年	—
12—16年	17—21年	18—25年	—
4—5年	6—7年	9年	—
4—5年	7—8年	10年	—
6—7年	9—10年	12—14年	—
5—6年	10—12年	12—13年	—
6—7年	11—12年	13—14年	—
$2^1/_2$—3年	6—7年	9—10年	—
7—8年	11—13年	14—15年	—
12—16年	17—21年	18—25年	—

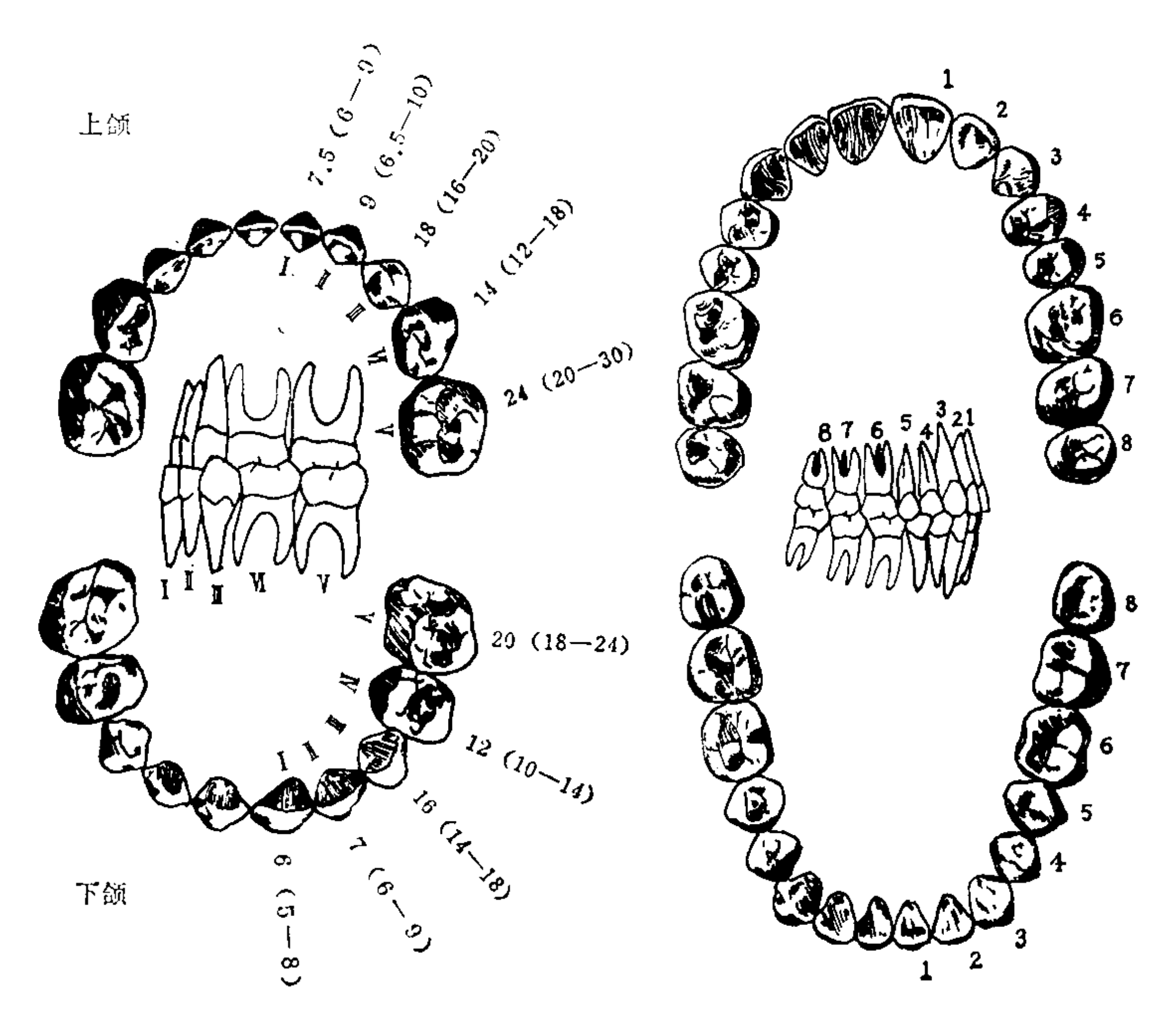


图3 -162 乳牙萌出时间（月）　图8—17 恒牙萌出年龄（年）

法医工作者在牙齿年龄鉴定中，特别是对儿童混合牙（兼有乳、恒牙）有必要区别乳牙和恒牙，方可按乳牙或恒牙萌出的时间表来推算年龄。乳牙与恒牙的主要区别是：乳牙颜色比恒牙浅，牙冠釉质厚，牙冠宽短，牙冠颊面有结节状隆起，牙根分叉大，牙髓腔所占比例比恒牙为大；恒牙较重，颜色较黄，磨牙冠没有明显结节，牙根分离程度不如乳牙大。乳牙与恒牙的区别如表 3 —17。

表3—16 男、女恒牙萌出时间对照表（北医口腔系）

		男性	女性
上颌	1.中切牙	6.5—8岁	6—9岁
	2.侧中切牙	7.5—10岁	7—10岁
	3.尖　牙	10—13岁	9.5—12岁
	4.第一双尖牙	9—12岁	9—12岁
	5.第二双尖牙	10—13岁	9.5—12岁
	6.第一磨牙	6—7.5岁	5.5—7.5岁
	7.第二磨牙	11.5—14岁	11—14岁
下颌	1.中切牙	6—7.5岁	5—8.5岁
	2.侧切牙	6.5—8.5岁	5.5—9岁
	3.尖　牙	9.5—12岁	8.5—11.5岁
	4.第一双尖牙	9.5—12.5岁	9—12岁
	5.第二双尖牙	10—13岁	9.5—13岁
	6.第一磨牙	6—7岁	5—7岁
	7.第二磨牙	11—13.5岁	10.5—13岁

第三磨牙通常在成年前后萌出，迟至26—32岁，部分人终身不出。

表 3 —17　乳牙与恒牙的区别

	乳　　　牙	恒　　　牙
数　　量	上下颌共计20颗（切牙8颗，尖牙4颗，磨牙8颗）。	共计32颗（智牙缺则为28颗，切牙8颗，尖牙4颗，前磨牙8颗，磨牙12颗）。
颜　　色	较恒牙浅而淡，呈白色，釉质透明度差，缺乏光泽。	呈浅黄色，釉质钙化程度高，透明度大。
体积与比重	比同名恒牙体积小，比重轻。	比同名乳牙体积大，比重大，并随年龄增大，比重逐渐增大。
硬　　度	硬度小。	钙化程度高于乳牙，硬度大。
牙冠形态	牙冠各角钝圆，牙颈明显收缩狭窄，磨牙牙冠颊面近颈部 $1/8$ 处有类似结节样隆起，以上下颌第一乳磨牙最显著。	牙冠各角较尖锐，牙颈收缩不如乳牙显著，牙冠无结节样隆起，牙冠比乳牙稍高。
咬合面磨耗	在口腔混合牙中，乳牙萌出时间早，钙化程度低，磨耗较同口腔的恒牙为重。	比乳牙轻。
牙　　根	细而长，由于恒牙胚在乳牙根区发育成长，使乳牙根分叉并向离心方向伸展，伸展范围一般超过咬合面。	较粗而短，牙根伸展范围一般等于或小于咬合面。
牙 髓 腔	髓腔与牙体比例大于恒牙，髓角高，根管粗大。	髓腔小于乳牙，根管较细。

2.牙齿磨耗程度与年龄的关系

人在吃食物时由于咀嚼运动，使牙与食物之间、牙与牙之间发生摩擦，因而造成牙齿咬合面和切端的磨耗。人类牙齿的磨耗程度随年龄而增加，磨耗程度与下列因素有关：

（1）多吃粗糙、坚硬食物者磨耗较重；

（2）牙齿发育和钙化较好者，牙齿硬度高，不易磨耗；

（3）南方人牙齿磨耗程度一般比北方人为轻；沿海一带的牙齿磨耗程度则比内地为轻；

（4）经常咬合的部位磨耗重；无咬合部位则较轻甚至无磨耗。由于咬合力分布不均匀，同一牙齿咬合面磨耗程度也有轻重不同；

（5）同一口腔中萌出较早的牙齿，其磨耗程度较重，一般在同样磨耗情况下，第一磨牙比第二磨牙估计齿龄时均早三年左右；

（6）特殊生活习惯的影响，如鞋匠用牙咬钉，切牙磨损较重；衔烟斗的人，侧切牙磨耗较重见图（3—18）。夜间有磨牙习惯，其磨损亦较重。

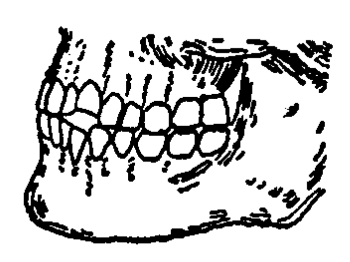


图3—18 衔烟斗习惯的人切牙磨耗较重

通常将下颌切牙咬耗程度分为6级：0级为牙釉质稍有咬耗；1级为牙釉质磨平；2级为牙质呈点状外露；3级为牙质条状外露；4级为牙质高度咬耗；5级为牙髓腔暴露。下颌切牙咬耗程度与年龄的关系见表3—18。

第一、第二磨牙咬合面磨耗程度分为6种：

Ⅰ.牙尖顶和边缘部分稍有磨耗；

表 3 —18　**下颌切牙咬耗程度与年龄关系**

咬　耗　程　度	年　　龄
0 级	20 岁 以 下
1 级	21——30岁
2 级	31——40岁
3 级	41——50岁
4 级	51——65岁
5 级	约65岁以上

Ⅱ.牙尖磨平或咬合面中央凹陷；

Ⅲ.牙尖大部磨耗，牙质点暴露；

Ⅳ.牙质点扩大，互相连成一片；

Ⅴ.牙冠部分磨耗，牙质全部暴露；

Ⅵ.牙冠全部磨耗，牙髓腔暴露。

根据上述标准，观察我国华北地区已知年龄颅骨上第一、第二磨牙的磨耗程度与年龄的关系，结果如表 3 —19。

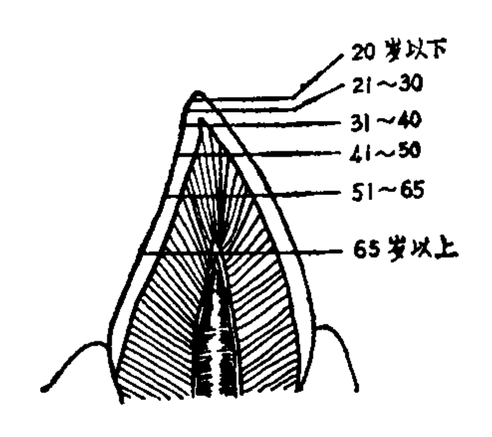


图 3 -- 19　卜颌切牙咬耗程度分级示意图

表 3—19　华北人颅骨第一、第二磨牙的年龄变化（据吴汝康、柏惠英，1965）

磨耗级	第一磨牙			第二磨牙		
	平均年龄	有效年龄范围	最高百分率年龄范围	平均年龄	有效年龄范围	最高百分率年龄范围
Ⅰ	23	22—23	15—20	23	22—24	15—25
Ⅱ	27	26—29	21—25	30	29—31	26—35
Ⅲ	32	28—36	26—35	38	36—40	36—45
Ⅳ	41	39—43	36—55	46	44—48	46—55
Ⅴ	53	48—57	56岁以上	60	55—65	60岁以上
Ⅵ	例数少未列入统计范围					

注：第一、第二臼齿上下左右的差异没有明显的规律性。

3. 牙髓腔变化与年龄的关系

牙髓腔的变化与年龄有关。正常的牙髓腔位于牙齿内，分髓室与根管两部分，周围被牙本质包围，腔内有牙髓，髓腔的形态与牙齿外形相似。髓室位于牙冠部，有髓角、髓壁、髓顶、髓底。根管是髓室在牙根部位的延续，呈细小管状，其数目大体与牙根数相同，形状与牙根外形相同，根尖有孔与牙周围组织相连，通过血管和神经（见图 3—20）。

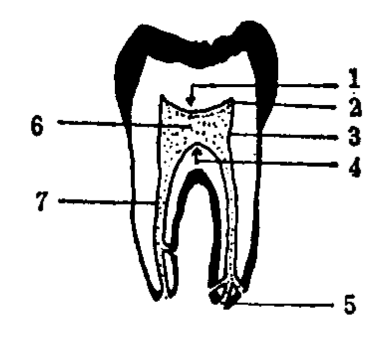


图 3—20　牙髓腔各部名称

1. 髓顶；2. 髓角；3. 髓壁；4. 髓底；5. 根尖孔；6. 髓室；7. 根管

随着年龄增长，牙齿的牙质也

缓慢地增多，使牙髓腔逐渐变窄，髓腔体积缩小。年青人的牙髓腔较大，随着年龄增加，牙咬合面的磨损使髓顶逐渐下沉，牙尖磨平，髓角变成钝圆．牙髓腔体积减小。到老年时，牙髓腔萎缩而干枯。

按照牙髓腔随年龄的变化情况（通过X光观察，可分为四种类型（据藤本氏）：

A型——髓室开宽呈圆锥形，髓角尖锐，根管近髓室处大而呈漏斗状，根尖孔大（图3—21），约10岁左右。

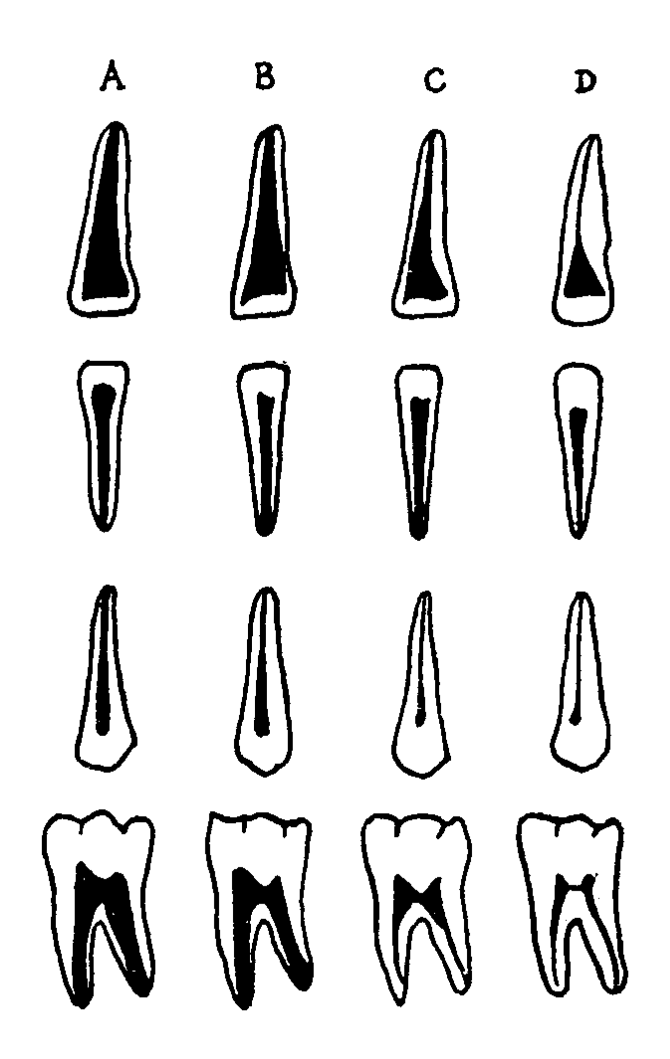


图3—21 牙髓腔随年龄变化的四种类型

B型——近根尖三分之一部分的根管变细呈棒状，髓角萎缩呈钝圆。除尖牙外，其它牙均为B型，约20岁（图3—21）。

C型——髓腔与根管萎缩更为明显，根尖孔变小（图3—21）。上颌第一、第二前磨牙、下颌第一磨牙呈现此种情况则为30岁；第二磨牙等所有牙齿都呈现此情况为40岁以上（图3—21）。

D型——根管呈细棒状，整个髓腔变得更窄小，约50岁以上（图

3—21）。

4.根据牙根钙化程度推断年龄

牙根的发生晚于牙冠，在牙冠釉质及牙本质形成后，随着根部上皮根鞘的出现，促使牙髓分化出造牙本质细胞，沉积牙本质。牙本质形成后，牙囊的结缔组织在根面的牙本质上形成牙骨质，并逐渐钙化。根部的钙化程度与年龄的关系如图3—22。

据报导，按牙根钙化程度推断少年的年龄，男性准确率为95.35%，女性可达96.8%。

5.牙齿统计点多元分析确定年龄的方法

格斯拉夫森（Guslafson）认为，牙齿咬合面磨耗及牙床退化等多方面的变化，可以进行多元分析，并用数值表示与年龄的相互关系。方法如下：

按图3—23所示，区分A、S、P、C、R、T的度数（0～3），所得数值之和为总数，再按图表查对年龄。

A—咬合面的磨耗程度；

S—次生牙本质的形成程度；

P—牙床组织的退化；

C—牙骨质的沉着；

R—牙本质和牙骨质的吸收程度；

T—牙根部的透明度。

乳牙钙化的年龄(月)					乳牙脱钙的年龄(年)				
I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
18-24 4 5(胎儿)	18-24 5 5(胎儿)	30-36 9 6(胎儿)	24-30 6 5(胎儿)	36 10-12 6(胎儿)	5-6 6-8	5-6 7-9	6-7 10-12	4-5 10-11	4-5 10-12
中切牙	侧切牙	尖　牙	第一乳磨　牙	第二乳磨　牙	中切牙	侧切牙	尖　牙	第一乳磨　牙	第二乳磨　牙

恆牙钙化的年龄(年)							
1	2	3	4	5	6	7	8
9-10 4-5 3-4月	10-11 4-5 上10-12月 下3-4月	12-15 6-7 4-5月	12-13 5-6 18-21月	12-14 6-7 24-30月	9-10 24-36 出生時	14-16 7-8 30-36月	18-25 12-16 上7-9 下8-10
中切牙	侧切牙	尖　牙	第一双尖牙	第二双尖牙	第一磨牙	第二磨牙	第三磨牙

图 3—22　乳牙和恒牙钙化年龄图

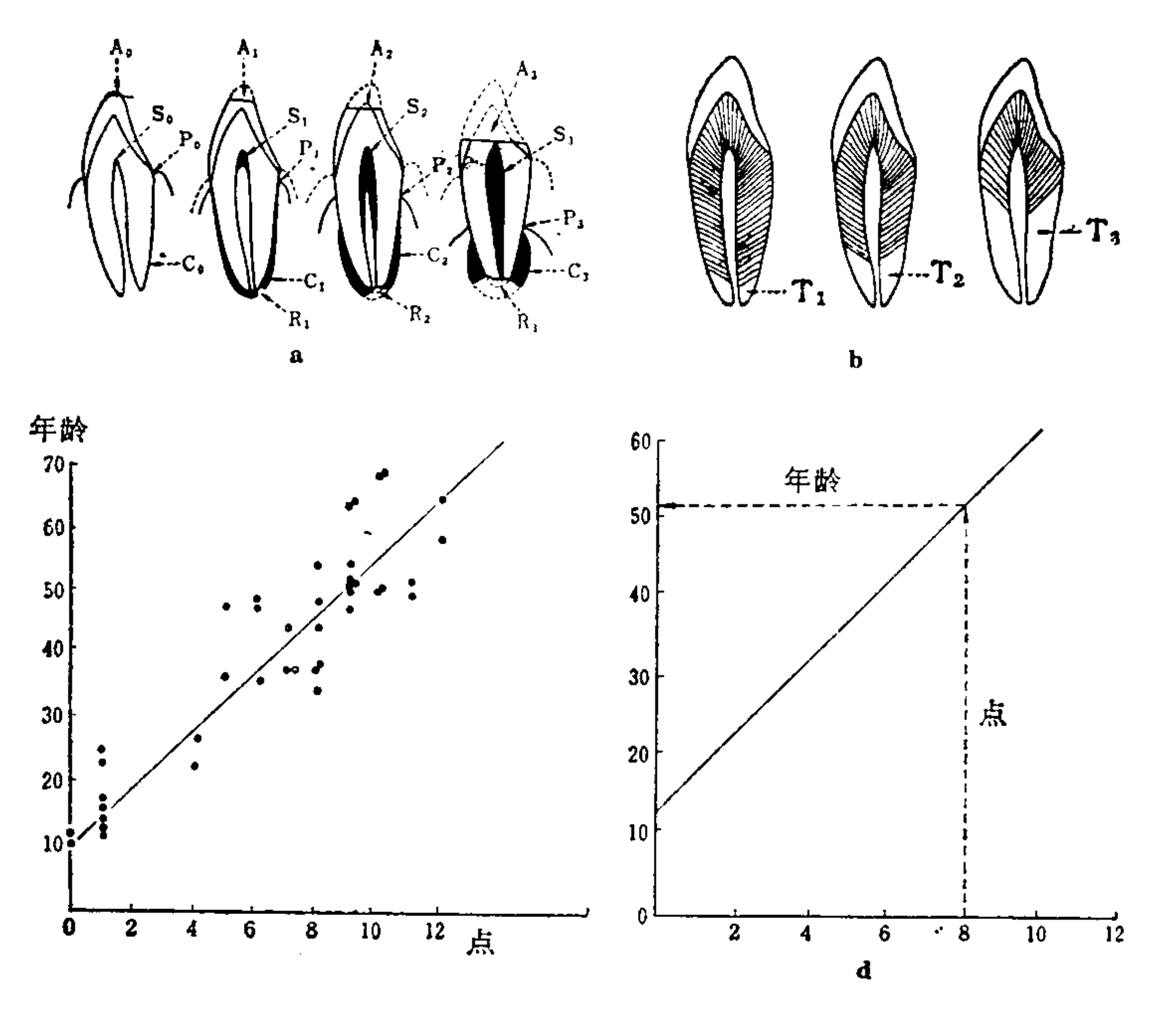


图 8—23　牙齿统计点多元分析确定年龄图

(四) 根据颅骨推断年龄

1.颅骨的年龄变化

颅骨与年龄的关系十分密切。如新生儿的面颅仅占全颅的七分之一到八分之一，颅盖骨薄而光滑，无板障，颅盖内面无大脑轭、脑压迹和动脉沟；扁骨间缝由结缔组织相连，在几块骨的交接处形成结缔组织膜，也就是囟；颅底骨不发达，乳突很不明显，下颌关节窝平浅；由于钙化不完全，许多骨骼仍分离成几个独立的骨块。

出生后2—3个月，蝶囟和后囟闭合；1岁时，左右乳突囟闭合；2—3岁时前囟闭合；4岁时顶骨开始分层，可以辨别外板、内板和板障；7岁左右副鼻窦逐渐发育，面颅增大，上颌骨下移；23岁起颅骨肌线特征明显出现，特别是颞线、上下项线、嚼肌附着骨嵴；颅盖骨内面矢状沟加深；脑膜中动脉沟逐渐明显，到中年时变为深沟，老年成为槽状，少数甚至出现管形。蛛网膜颗粒小凹，儿童期罕见，多于青年时期出现，50岁以上的出现率为82%。50岁后，板障静脉管腔减少，逐渐被骨质增生所代替，外板与板障的界线又开始模糊。

2.根据颅骨缝推断年龄的可能性

根据颅骨缝的愈合程度推断年龄，在一百多年前就已经有比较系统的研究。从那时起，许多作者认为颅骨缝（特别是颅骨外缝）愈合的个体差异很大，单凭骨缝推断死者年龄的误差一般可达5—10年。因此，骨缝愈合只能为推断年龄指示方向，或被用作其它年龄推断方法的一个佐证。

颅骨缝的愈合过程开始是缝隙间结缔组织消失，缝隙缩小，而后波纹深度变浅，波线被部分骨性愈合所切断，呈断断续续的曲形波，进而仅见波纹残迹，最后完全消失，见图3—

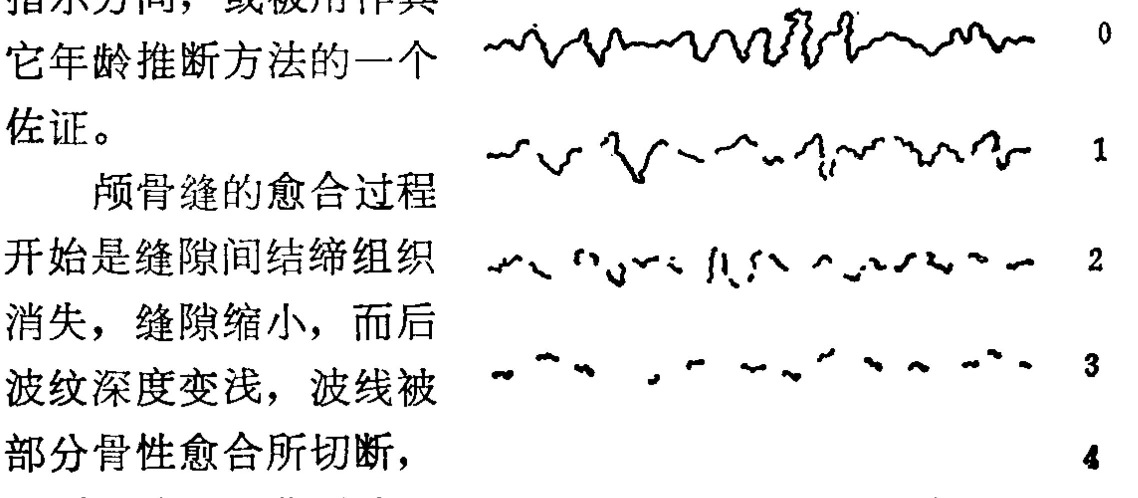


图3—24 颅骨缝愈合分级

0—未愈合；1—大部未愈合；2—愈合未愈各占一半；3—大部愈合；4—完全愈合

24。

颅骨缝愈合的时间，一般颅内骨缝早于颅外骨缝；锯状缝（矢状缝、人字缝）早于鳞状缝（鳞缝）；男性略早于女性；南方人早于北方人。

矢状缝开始愈合时间约在22岁，完全愈合时期在35岁；冠状缝则在24岁开始愈合，41岁完成；人字缝26岁开始，47岁完全愈合。白人、黑人的颅骨缝愈合的年龄见表 3 —20。

颅盖缝各愈合阶段的百分比见表 3 —21。

颅骨缝愈合年龄参阅图 3 —25。

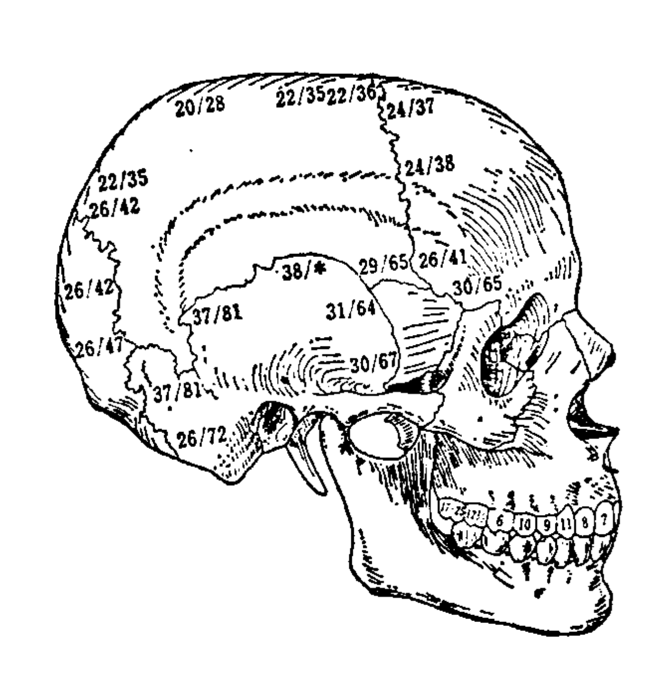


图 8 —25　颅骨缝愈合年龄

斜线左侧数字表示开始愈合年龄，右侧表示完全愈合年龄。＊号表示该段永不完全愈合

颅骨缝愈合从内板向外板，即由颅内向颅外发展。在许多情况下，这种愈合是连续进行的，直到外板愈合为止。但有时内板愈合后，向外板发展的速度减慢甚至停顿，出现颅外缝不完全愈合。有些文献报道，颅外缝的延期愈合是普遍现象，不少人的颅外缝为终生不完全愈合，其原因还不清楚。因此，从颅骨缝愈合推断年龄时，主要应依颅内缝为准，单纯根据颅外缝很难判断年龄。而在颅外缝中，冠状缝比人字缝准确；人字缝比矢状缝准确。

表 3 —20 白人、黑人颅骨缝愈合的年龄 （据Todd和Lyon）

颅骨缝 \ 年龄 \ 人种	颅内缝				颅外缝			
	白种男性		黑种男性		白种男性		黑种男性	
	开始	结束	开始	结束	开始	结束	开始	结束
1.矢状缝	22	35	22	31	20	29	20	32
2.蝶额眶	22	64	20	44	28	46	21	35
3.蝶额颞	22	65	23	44	28	38	25	46
4.冠状缝内段	24	38	24	38	26	29	23	32
5.冠状缝外段	26	41	25	44	28	50	25	35
6.人字缝内段	26	42	23	46	26	30	23	31
7.人字缝外段	26	47	27	46	26	31(?)	22	31(?)
8.乳突枕骨下段	26	72	17	30	26	33	26	31
9.蝶顶缝	29	65	23	49	28	38	28	46
10.蝶颞下段	30	67	40	51	36	65(?)	50(?)	不愈合
11.蝶颞上段	31	64	40	41	37	65(?)	50(?)	不愈合
12.乳突枕骨	30	81	25	46	28	32	27	31
13.顶骨乳突	37	81	33	51	39	64(?)	50(?)	不愈合
14.后鳞缝	37	81	40	49	38	65(?)	50(?)	不愈合
15.前鳞缝	37	81	40	49	38	65(?)	50(?)	不愈合

表 3—21 颅盖缝各愈合阶段的百分比 （据McKern和Stewart）

年龄	例数	矢状缝				人字缝				冠状缝			
		0	1	2.3	4	0	1	2.3	4	0	1	2.3	4
17—18	55	75	4	12	9	92	—	5	3	99	—	—	1
19	52	66	4	10	19	83	5	5	7	84	7	5	4
20	45	54	10	13	23	82	11	3	4	77	17	2	4
21	37	56	9	10	25	72	10	10	8	86	7	2	5
22	24	54	17	5	24	75	17	4	4	72	20	4	4
23	26	42	11	15	32	65	6	23	6	49	34	11	6
24—25	27	34	7	11	48	53	11	18	18	67	12	14	7
26—27	25	12	8	40	40	32	28	16	24	28	16	24	32
28—30	29	18	12	19	51	27	17	35	21	26	25	25	24
31—40	43	10	4	14	72	24	17	20	39	20	20	35	25
41—50	6	2	16	66	16	1	66	—	33	50	33	—	16

注：0—无愈合；1—愈合不超过第1阶段；2.3—愈合不超过2.3阶段；4—某些部分为第4阶段愈合。

根据实践经验，中国人的基底缝愈合比较稳定，可以作为年龄推断的一个重要标志。基底缝开始愈合是在21—23岁；到24—30岁基本愈合，残留痕迹；40岁以后基底缝消失，部分可见浅沟，少数在愈合处出现骨嵴。

（五）根据骨盆推断年龄

1.耻骨联合面变化推断年龄

根据耻骨联合面的形态学变化来鉴别青春期后人骨的年龄，被认为是最佳方法之一。单独根据耻骨联合面推断年龄，其误差可在5年左右；在30—40岁期间，耻骨联合面与其它骨骼年龄标志相结合推断年龄，可达到±2年的精确度。

左右髋骨耻骨部分在中线互相连接称耻骨联合，其间有软骨相隔。骨性的耻骨联合面是耻骨上下枝延续部分的内面，呈粗糙的长椭圆形，上下径大，前后径小，分成两缘：腹侧缘（前面）、背侧缘（后面）；两端：上端、下端；还有一个面。见图3—26(1)、3—26(2)。

随着年龄增长，耻骨联合面发生形态上的变更（图3—27），根据这些变更情况，可以作出年龄估计。

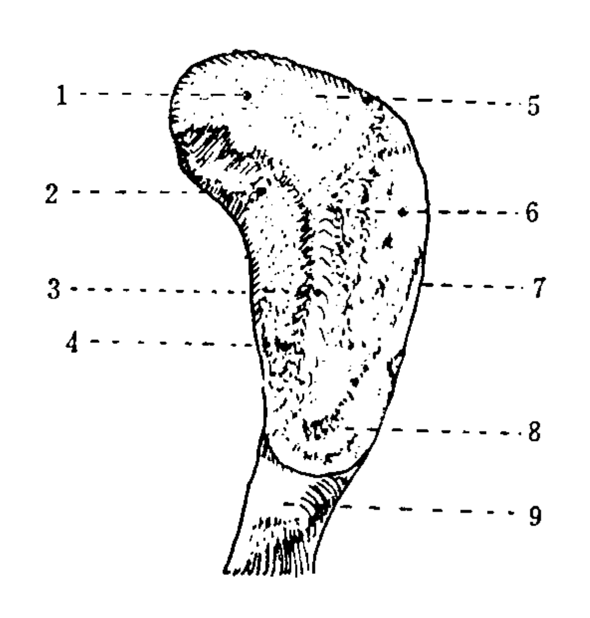


图3--26(1) 耻骨联合正面图
1.耻骨结节；2.倾斜面(上半部)；3.腹侧缘；4.倾斜面(下半部)；5.上端；6.联合面；7.背侧缘；8.下端；9.耻骨枝结合部

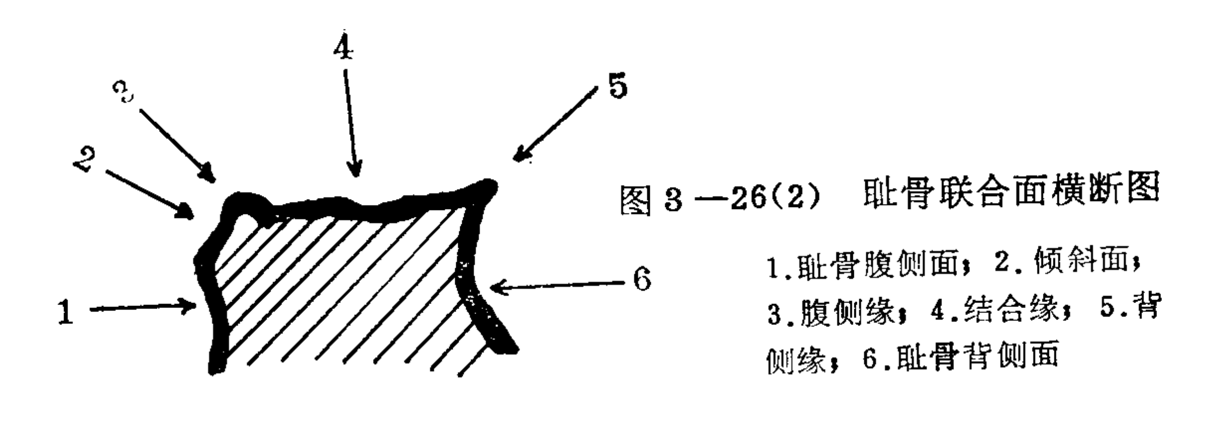


图 3 —26(2)　耻骨联合面横断图

1.耻骨腹侧面；2.倾斜面；3.腹侧缘；4.结合缘；5.背侧缘；6.耻骨背侧面

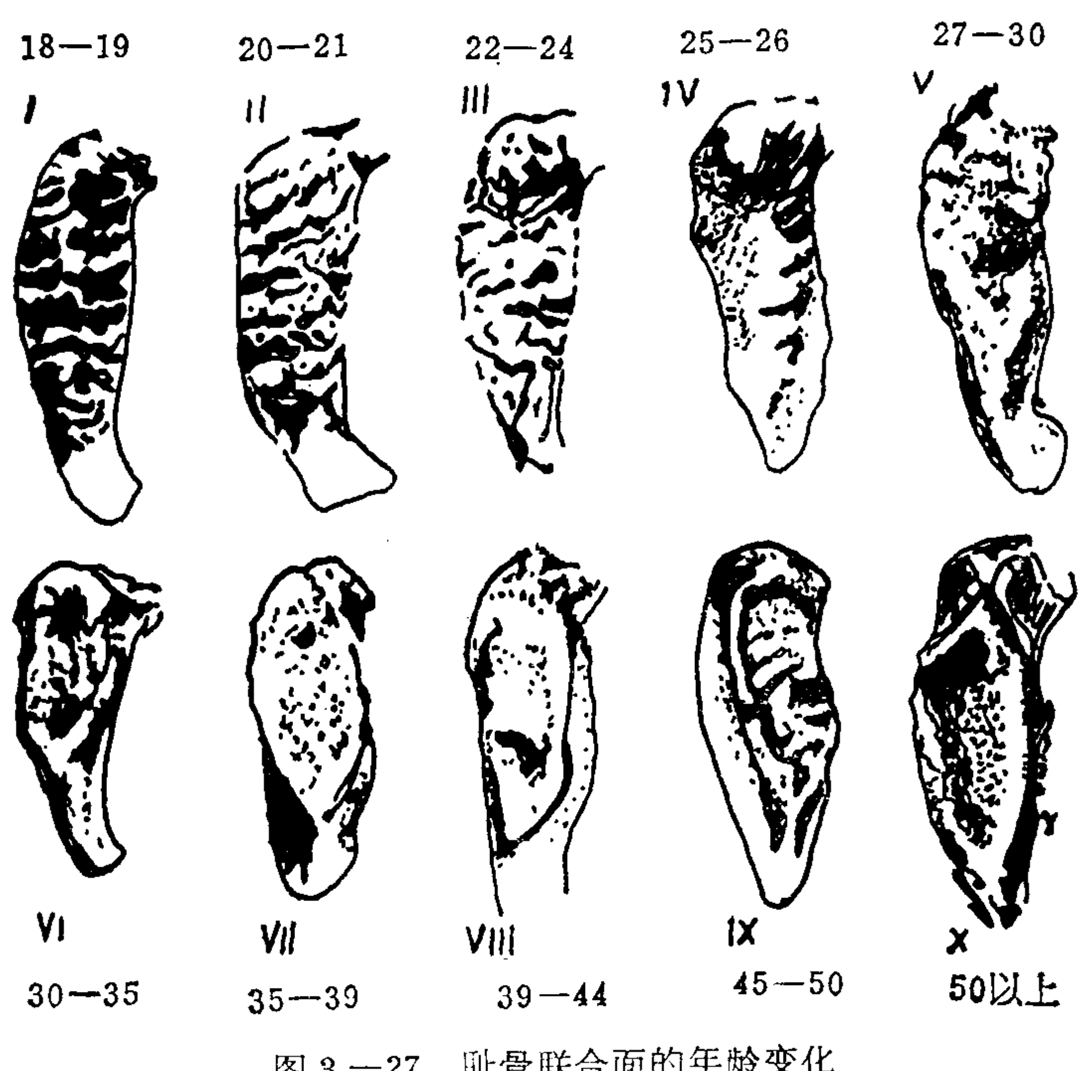


图 3 —27　耻骨联合面的年龄变化

①18—19岁：联合面凹凸不平，有平行的隆起嵴和深凹的沟交替组成，称为隆起线。这些线在结合面上半部偏向后方，下半部为水平走向。其隆起线高度一般在2毫米左右。隆起线上端移行到耻骨结节，下端到耻骨枝结合部。背、腹侧边缘均未形成。

②20—21岁：平行的沟嵴变浅，近背侧缘被新形成的骨质所填满，轮廓开始模糊。背侧缘开始形成；腹侧斜面将形成。

③22—24岁：联合面背侧逐渐形成高嵴，出现骨化结节的连接。背侧边缘变得更为清楚，相对地在腹侧缘开始形成一个斜面。

④25—26岁：腹侧斜面扩大，下端出现界限。

⑤27—30岁：平行沟嵴消失，背侧缘下端界限进一步明显，上端界限开始形成。

⑥30—35岁：联合面的整个椭圆形轮廓形成，腹侧边缘完全形成。

⑦35—39岁：联合面骨质由粗颗粒状疏松样组织变成细颗粒状或密质骨；腱和韧带附着的骨嵴明显。

⑧39—44岁：联合面平滑，椭圆形轮廓接近完成，上下端界限明显。

⑨45—50岁：联合面有或多或少的边缘，背、腹侧边缘呈唇状隆起。

⑩50岁以上：联合面变得稀疏，出现散在的小孔，腹侧边缘破损。

耻骨联合面各变化阶段的年龄范围见表3—22。

表3—22 耻骨联合面各变化阶段的年龄范围

变　化　阶　段	年　龄　范　围
1	17.5—19.5
2	19.5—21.5
3	21.5—24.5
4	24.5—26.5
5	26.5—30.5
6	30.5—35.5
7	35.5—39.5
8	39.5—44.5
9	44.5—50.5
10	50.5

1957年麦克肯（McKern）和史蒂瓦特（Stewart）把耻骨联合面分成三个组成部分，即背侧半个联合面、腹侧半个联合面和背侧、腹侧构成的整个联合面。

第一组成部分（背侧半个联合面）有5个发育阶段（图3—28）：

0—没有背侧边缘；

1—背侧边中部1/3处出现轻度边缘；

2—整个背侧边缘形成；

3—联合面沟槽变平，嵴已被吸收，在中部1/3处骨质开始隆起；

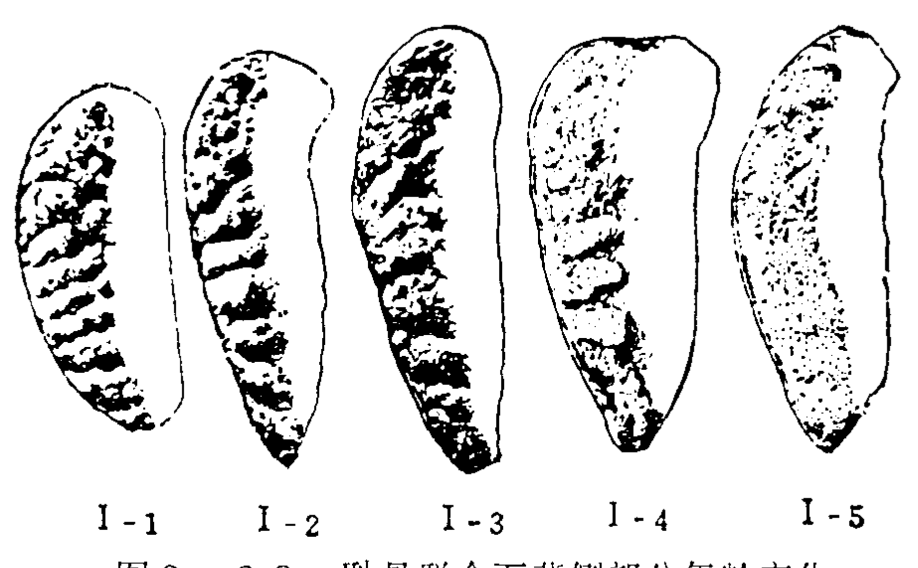


图3—28　耻骨联合面背侧部分年龄变化

4—带有波形痕迹的骨质隆起扩大到背侧半面的绝大部分；

5—波形完全消失，骨面变得平坦，骨质呈现颗粒样。

第二个组成部分（腹侧半个联合面）有5个发育阶段（图3—29）：

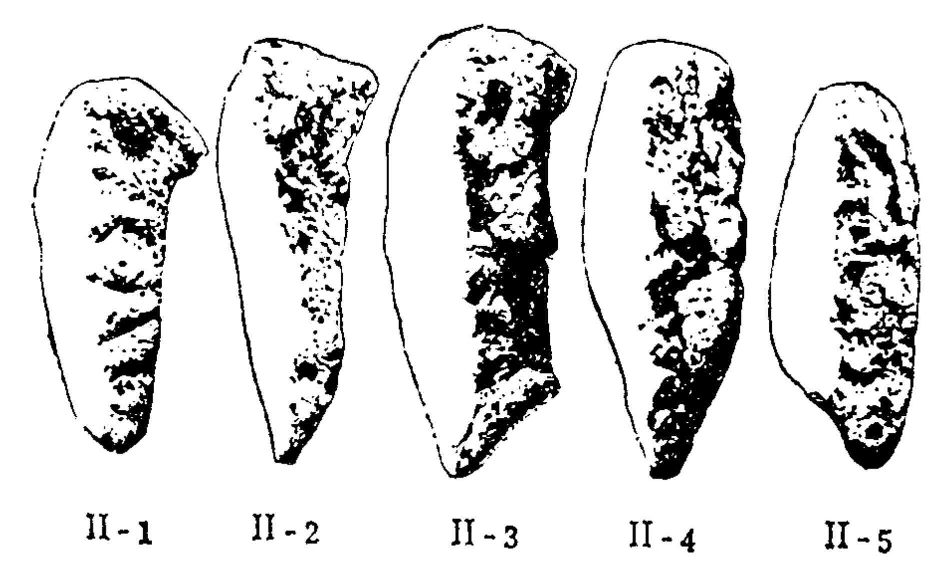


图3—29　耻骨联合面腹侧部分年龄变化

0 —腹侧未出现斜面；

1 —仅腹侧缘上端出现斜面；

2 —斜面向上延伸；

3 —在一端或两端开始形成腹侧枝；

4 —腹侧枝继续扩展，在早先的腹侧缘见到裂隙，上部2/3处最明显；

5 —腹侧枝完全形成。

第三组成部分（整个联合面）有5个发育阶段（图3—30）：

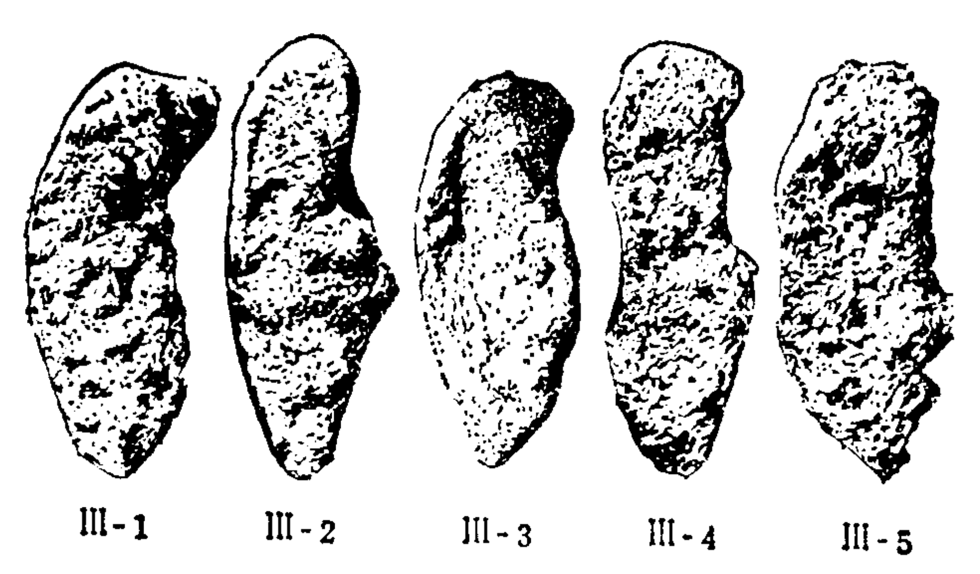


图3—30 耻骨联合面边缘部分年龄变化

0 —没有联合边缘；

1 —背侧出现部分边缘，往往在背侧缘最上端，平滑圆形，并高于联合面；

2 —背侧边缘完全形成，腹侧边缘开始形成，形成部位不固定；

3 —联合边缘完全形成，联合面骨质呈颗粒状，并出现

不规则的波状起伏；

4—边缘开始消失，表面变成平滑，边缘不再呈圆形，而呈锐形。腹侧缘有一些唇状形变；

5—边缘进一步消失（特别是腹侧缘上端），联合面变得稀疏，沿腹侧边缘有部分骨化。

在实际推断年龄时，先观察耻骨联合面三个组成部分各符合哪一个发育阶段，并以三个数字代号表示，将三个数字相加，即为该联合面的总分，然后按表3—23查对相应的年龄。例如，第一组成部分为发育阶段“2”，第二组成部分为发育阶段“3”，第三组成部分为发育阶段“2”，则其总分应为2＋3＋2＝7，即可按表3—23查得推断年龄。

表3—23　根据耻骨联合面推断年龄

总　分	例　数	实际年龄范围	平均年龄	标准误差
0	7	17	17.29	0.49
1—2	76	17—20	19.04	0.79
3	43	18—21	19.79	0.85
4—5	51	18—23	20.84	1.13
6—7	26	20—24	22.42	0.99
8—9	36	22—28	24.14	1.93
10	19	23—28	26.05	1.87
11—12—13	56	23—29	29.18	3.33
14	31	29	35.84	3.89
15	4	36	41	6.22

此法适用于男、女性，但当女性耻骨有分娩引起的损伤时，则容易影响对耻骨联合面的判断，需要注意。

2.髋骨其它部位的年龄变化

髋骨在胚胎时期有三个初级骨化中心，即位于坐骨大切迹附近以及坐骨体和耻骨上枝。以后逐渐发育成为髂骨、坐骨、耻骨。出生后，髂骨、坐骨、耻骨在髋臼处以软骨相互分离，至青春发动期，此软骨开始骨性愈合。这种愈合女性略早于男性，男性在16—17岁，女性则为13—17岁。坐骨与耻骨下枝愈合较早，男性为5—11岁，女性为5—8岁。成年后，骨性愈合处骨质可见嵴状（图3—31）。

髂嵴有骨骺，其骨化中心出现时间女性约在12岁，男性约在13岁。骨性愈合则开始于17岁，约24岁完全愈合（图3—32）。具体变化为：

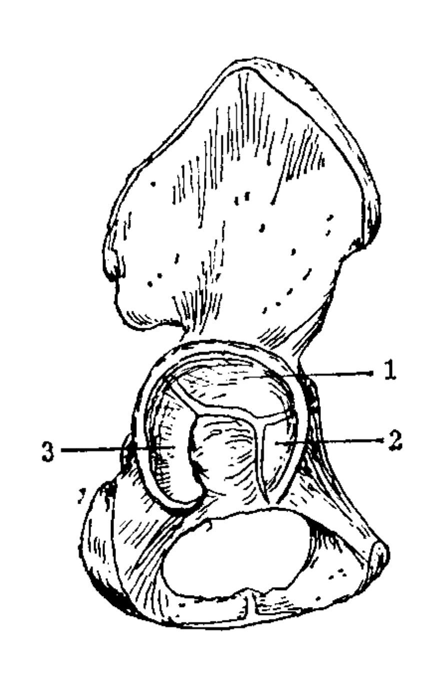


图3—31 髋臼软骨未愈合
1.髂骨；2.耻骨；3.坐骨


图3—32 髂嵴骨骺未完全愈合

17—19岁　髂嵴骺已开始愈合，外唇骨骺线逐渐消失，而内唇则尚能见到骨骺线。耻骨结节未愈合。

20—22岁　髂嵴外唇骨骺线已消失，仅见残留痕迹。耻骨结节愈合接近完成。

23—24岁　耻骨结节愈合完成，坐骨结节已愈合，只有残留痕迹。

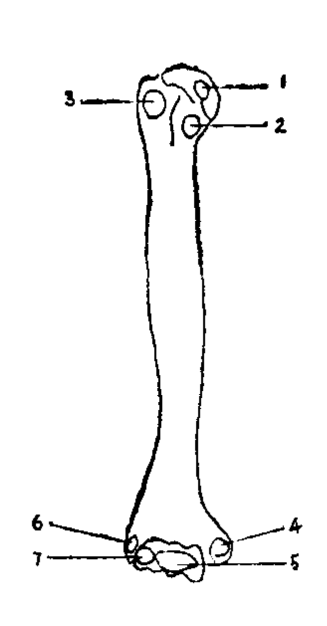


图3—33　肱骨各骨化点部位名称

1.肱骨头；　2.小结节；
3.大结节；　4.内上髁；
5.滑车；　6.肱骨小头；
7.外上髁

（六）肱骨的年龄变化

肱骨年龄变化的间隔时间短，变化较显著，这种变化可延续到老年，可以为各种不同年龄的鉴定提供方便，因此，已为法医学和人类学者所重视。肱骨的变化情况如下：

新生儿：肱骨体已出现骨化点。

1岁：肱骨头出现骨化点（见图3—33）。

2岁：肱骨小头及大结节出现骨化点。

3岁：肱骨小结节出现骨化点。

4—5岁：大结节与小结节开始愈合。

5—7岁：大结节、小结节与肱骨头愈合，愈合后形成近端骺。

7—8岁：内上髁出现骨化点。

9—12岁：滑车内侧部出现骨化点（滑车外侧部在1岁左右就出现）。

11—13岁：外上髁出现骨化点。

14—15岁：女性近端骺与骨干开始愈合。

15—16岁：肱骨小头与外上髁愈合，两者并与骨干开始愈合。

17—18岁：男性近端骺与骨干开始愈合；女性近端骺与骨干愈合完成。

18岁：内上髁与骨干愈合。

18—20岁：男性近端骺与骨干完全愈合。

30岁以前：骨髓腔高度处于外科颈以下（图3—34）。

30岁：骨髓腔到达外科颈。

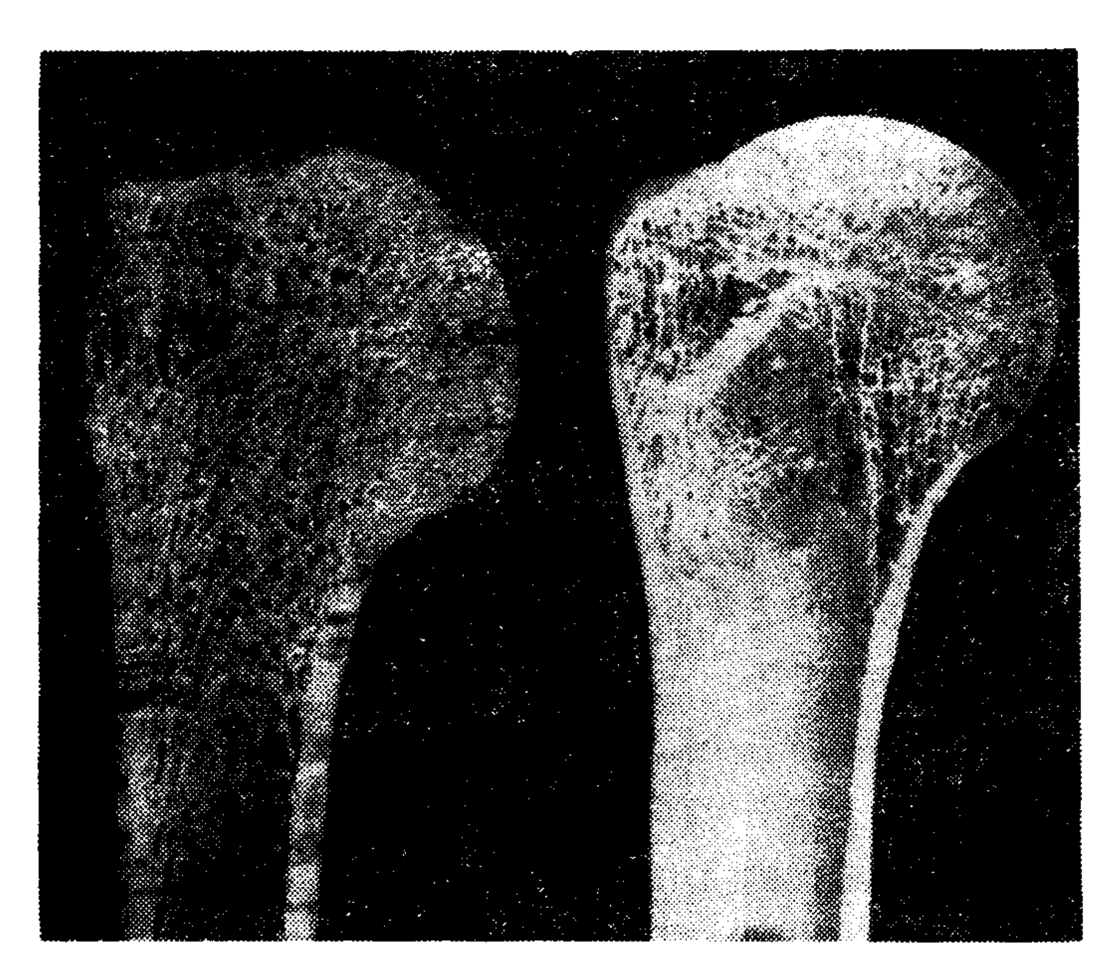


图3—34 肱骨骨髓腔高度

19岁（左），40岁（右）

40岁：女性骨髓腔高度到达骨骺线。

50岁：男性骨髓腔高度到达骨骺线。

60岁：骨干骨髓腔越过骨骺线。

65—70岁：肱骨头和外科颈骨质萎缩，骨密质变薄，骨松质残存于髓腔壁。

75岁以上：骨松质完全消失。

（七）脊椎骨的年龄变化

寰椎弓左右两块在4岁后愈合；8岁前弓与其两侧块愈合。

枢椎齿突尖骨化出现在2岁；齿突尖与齿突愈合约在12岁；齿突与椎体间软骨在6岁后愈合。

其它颈椎体与弓在3岁结合；腰椎在6岁结合。

椎体上下关节面随年龄增长而发生变化：

19岁：椎体上下关节有齿状花纹；

30岁：关节面有轻度磨损；

40岁：边缘不整齐；

50岁：关节面周缘有骨质增生而成唇状隆起。

骶椎在5岁时发生肋突与椎弓愈合；椎弓与椎体愈合时间，下部骶椎为2岁，上部骶椎为6岁；两侧椎弓板于14岁左右愈合；10岁时五个骶椎开始愈合；20岁时各骶椎体间隙尚可分辨；30岁左右全部愈合。

尾椎骨化过程则自上而下，第一尾椎在1岁出现，第二尾椎在5—10岁出现，第三尾椎在10—13岁出现，第四、五尾椎在15—18岁出现，然后第二至第四尾椎间发生愈合，30岁左右才出现第一和第二尾椎的愈合。

（八）肩胛骨的年龄变化

肩胛骨喙突1岁出现骨化，15岁喙突与体愈合，20岁左右肩胛骨所有各骺都愈合。

关节盂腹侧缘上部三分之一和中部三分之一连接处的凹形部位约在35岁开始唇形变，接着变化的顺序是腹侧缘其它部位、下部、背侧缘、上部等。

35—40岁时，肩峰关节面开始出现唇形变。

50岁以后肩胛冈内侧端的三角形骨平面界线越趋清晰而粗糙，且肩胛骨肋面肌附着线粗壮，呈骨嵴样变。

另外，在肩胛骨背面可见到表面血管呈细线样分布；25岁以后，这种细线分布逐渐减少。

25—30岁时，用透光法检查肩胛骨，能见到深部的血管分布情形。

45岁开始出现局部骨质萎缩现象。

（九）锁骨与胸骨的年龄变化

锁骨胸骨端的骨化出现在15—17岁；胸骨端与锁骨体开始愈合于21—22岁，约25岁完全愈合。肩峰端约18岁骨化，20岁愈合。

胸骨体的四个部分于12—15岁愈合；20岁以前胸骨分成胸骨柄、胸骨体和剑突三部分；30岁后开始愈合，50岁完全骨化，60岁以上胸锁关节骨化。

（十）根据舌骨、甲状软骨和环状软骨确定年龄

1岁舌骨大角已骨化；20岁左右舌骨小角骨化；40岁以

后舌骨大角与体愈合。甲状软骨骨化点开始出现，男性为18岁，女性为20岁。环状软骨骨化点开始出现，男性为19岁，女性为21岁。

（十一）根据骨组织学改变判断年龄

对现场残留的骨碎片，不能从大体上确认骨骼的年龄时，可以将骨骼制成骨磨片或脱钙后制成组织切片，在显微镜下作形态学观察。

1.从哈佛氏管直径的大小推测年龄

取胫骨中部骨质，制成薄骨片（制片法见附录二），置载玻片上用树胶封固，在显微镜下观察，同时测量10个哈佛氏管直径的大小，求得平均数，按表3—24标准推测年龄。

表3—24　根据哈佛氏管直径推测年龄

年　龄　（岁）	哈佛氏管直径（微米）
新　生　儿	27—28
10	35
20	38
30	40
40	42
50	43—44
60	45
70	47
80	49

2.哈佛氏管壁形状与年龄的关系

初生时，哈佛氏管表面成骨细胞与破骨细胞以一定比例平均分布，所以管壁骨质均衡发育，管壁平整而无凹凸现象。女性长管骨随年龄增长无明显变化；男性长管骨则随年龄增长，其破骨细胞亦逐渐增多，而且分布不均匀，破骨细胞多的部位，聚集成团，破坏骨质，该处管腔逐渐向外扩张而膨隆，或成锯齿状小凹陷。

3.用骨组织的多元分析法推测年龄

根据骨组织取得几个数值作为测定值，然后将这些测定值与表列数据相比而得出年龄。据文献报导，用这种方法测量40岁以上的男人骨时，有95%的年龄准确率在6年以内，甚至比大体形态学方法更准确。

方法是先将下肢长骨骨干中段制成横切薄骨片，在显微镜下检查前、后、内、外四个靠外周的部位，测出每个视野内骨单位的平均数，得到每个骨单位的平均骨板数，并测定哈佛氏管的平均直径，然后将三种数值相加，所得的测定值查对数值表，以推断年龄。另一方法是在100倍宽视野下检查上述四个部位的骨单位数、陈旧骨单位骨板数、外环层骨板的百分比以及非哈佛氏管的数目，求得平均值，以推算年龄。

六、根据骨骼推算身高

在无名尸骨案件或尸体被肢解后仅找到肢体的残留部分时，法医工作者需要据此推算死者生前的身高。完整的骸骨只需将每块骨骼按解剖学位置排列后，测得全身骨骼的高

度，再加5厘米软组织（包括椎间盘软骨厚度）厚度，即为死者身高（图3—35）。但根据部分骨骼或残骨推算身高时，则需采用公式推算方法。这种方法受种族、性别、年龄和个体差异的影响，因而推算所得的身高数值，实为死者生前的近似身高。例如按一般人的发育状况，一个人的最大身高约在18—20岁之间；30岁以后，每年降低身高0.06厘米，即每20年降低身高1.2厘米。

仅用一根长骨推算身高，其准确度要比多根长骨为低；下肢骨推算身高的可靠性比上肢骨为高。根据骨骼推算身高所出现的误差，一般认为在2—10厘米左右。

根据骨骼推算身高的步骤如下：首先，是确定骨骼的性别、年龄，有可能时也确定民族；第二，是按测量要求测得骨骼度量数据；第三，选择合适的推算公式（必须考虑民族和性别）；最后，将数据代入公式，计算数值。如果根据长管骨推算身高时，应考虑年龄的影响，30岁以上的人，应从所得数值中减去每岁0.06厘米。

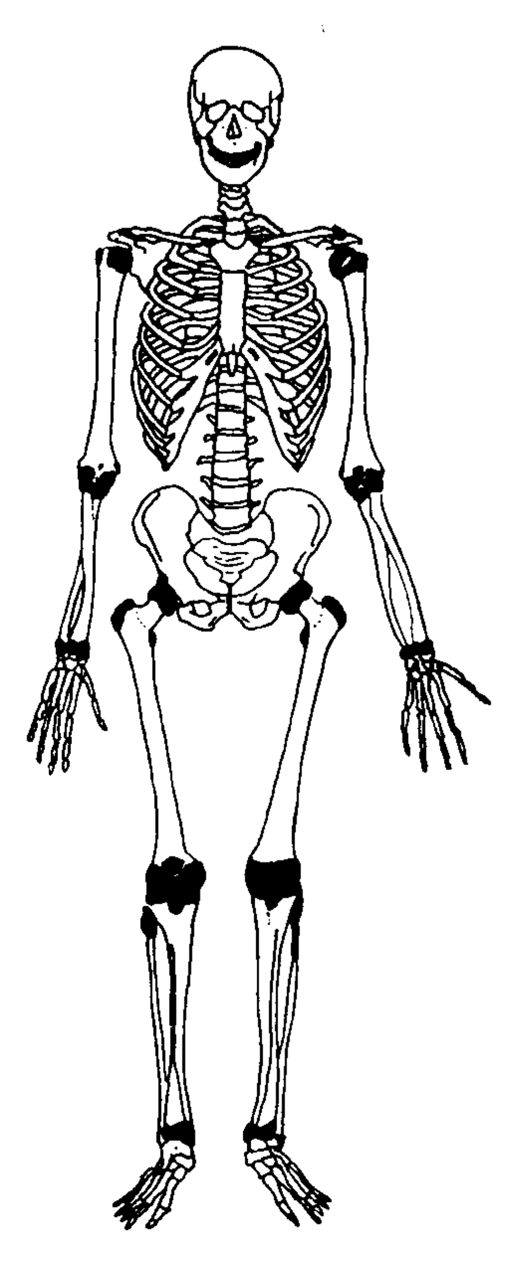


图3—35 全身骨骼排列图

（一）根据完整的长管骨推算身高

根据长管骨推算身高，通常都按该骨最大长度来计算。目前有各种不同的公式，现将有代表性的公式和与黄种人关系密切的公式叙述如下。

根据干燥长管骨推算18—30岁之间白种人和黑种人生前身高的公式：

白种男人：

身高＝63.05＋1.31×(股骨＋腓骨)±3.63cm。

身高＝67.09＋1.26×（股骨＋胫骨）±3.74cm。

身高＝75.50＋2.60×腓骨±3.86cm。

身高＝65.53＋2.32×股骨±3.94cm。

身高＝81.93＋2.42×胫骨±4.00cm。

身高＝67.97＋1.82×（肱骨＋桡骨）±4.31cm。

身高＝66.98＋1.78×（肱骨＋尺骨）±4.37cm。

身高＝78.10＋2.89×肱骨±4.57cm。

身高＝79.42＋3.79×桡骨±4.66cm。

身高＝75.55＋3.76×尺骨±4.72cm。

白种女人：

身高＝50.12＋0.68×肱骨＋1.17×股骨＋1.15×胫骨±3.51cm。

身高＝53.20＋1.39×（股骨＋胫骨）±3.55cm。

身高＝53.07＋1.48×股骨＋1.28×胫骨±3.55cm。

身高＝59.61＋2.93×腓骨±3.57cm。

身高＝61.53＋2.90×胫骨±3.66cm。

身高＝52.77＋1.35×肱骨＋1.95胫骨±3.67cm。

身高＝54.10＋2.47×股骨±3.72cm。

身高＝54.93＋4.74×桡骨±4.24cm。

身高＝57.76＋4.27×尺骨±4.30cm。

身高＝57.97＋3.36×肱骨±4.45cm。

黑种男人：

身高＝67.77＋1.20×（股骨＋腓骨）±3.63cm。

身高＝71.75＋1.15×（股骨＋胫骨）±3.68cm。

身高＝72.22＋2.10×股骨±3.91cm。

身高＝85.36＋2.19×胫骨±3.96cm。

身高＝80.07＋2.34×腓骨±4.02cm。

身高＝73.08＋1.66×（肱骨＋桡骨）±4.18cm。

身高＝70.67＋1.65×（肱骨＋尺骨）±4.23cm。

身高＝75.48＋2.88×肱骨±4.23cm。

身高＝85.43＋3.32×桡骨±4.57cm。

身高＝82.77＋3.20×尺骨±4.74cm。

黑种女人：

身高＝56.33＋0.44×肱骨＋0.20×桡骨＋1.46×股骨＋0.86×胫骨±3.22cm。

身高＝58.54＋1.53×股骨＋0.96×胫骨±3.23cm。

身高＝59.72＋1.26×（股骨＋胫骨）±3.28cm。

身高＝59.76＋2.28×股骨±3.41cm。

身高＝62.80＋1.08×肱骨＋1.79×胫骨±3.58cm。

身高＝72.65＋2.45×胫骨±3.70cm。

身高＝70.90＋2.49×腓骨±3.80cm。

身高＝64.67＋3.08×肱骨±4.25cm。

身高 = 75.38 + 3.31 × 尺骨 ± 4.83cm。

身高 = 94.51 + 2.75 × 桡骨 ± 5.05cm。

根据干燥骨推算蒙古人种男人生前身高的公式：

蒙古男人：

身高 = 70.24 + 1.22 × （股骨 + 腓骨） ± 3.18cm。

身高 = 70.37 + 1.22 × （股骨 + 胫骨） ± 3.24cm。

身高 = 80.56 + 2.40 × 腓骨 ± 3.24cm。

身高 = 81.45 + 2.39 × 胫骨 ± 3.27cm。

身高 = 72.57 + 2.15 × 股骨 ± 3.80cm。

身高 = 71.18 + 1.68 × （肱骨 + 尺骨） ± 4.14cm。

身高 = 74.83 + 1.67 × （肱骨 + 桡骨） ± 4.16cm。

身高 = 83.19 + 2.68 × 肱骨 ± 4.25cm。

身高 = 82.00 + 3.54 × 桡骨 ± 4.60cm。

身高 = 77.45 + 3.48 × 尺骨 ± 4.66cm。

中国北方男人：

尸体长度 = 52.26 + 0.66 × 股骨 + 2.21 × 胫骨 + 0.10 × 肱骨 + 0.45 × 桡骨 ± 2.70cm。

尸体长度 = 55.39 + 0.60 × 股骨 + 2.40 × 胫骨 ± 2.76cm。

尸体长度 = 57.19 + 2.86 × 胫骨 + 0.34 × 桡骨 ± 2.79cm。

尸体长度 = 59.22 + 3.03 × 胫骨 ± 2.80cm。

尸体长度 = 54.25 + 1.43 × (股骨 + 胫骨) ± 2.85cm

尸体长度 = 59.78 + 2.34 × 股骨 + 0.20 × 肱骨 ± 3.22cm。

尸体长度 = 61.72 + 2.44 × 股骨 ± 3.22cm。

尸体长度 = 64.43 + 1.30 × 肱骨 + 2.69 × 桡骨 ±

3.79cm。

尸体长度 = 63.49 + 1.92 ×（肱骨 + 桡骨）± 3.93 cm。

尸体长度 = 80.03 + 3.74 × 桡骨 ± 3.97cm。

尸体长度 = 81.51 + 2.81 × 肱骨 ± 4.28cm。

墨西哥男人：

身高 = 58.67 + 2.44 × 股骨 ± 2.99cm。

身高 = 75.44 + 2.50 × 腓骨 ± 3.52cm。

身高 = 80.62 + 2.36 × 胫骨 ± 3.73cm。

身高 = 80.71 + 3.55 × 桡骨 ± 4.04cm。

身高 = 74.57 + 3.56 × 尺骨 ± 4.05cm。

身高 = 73.94 + 2.92 × 肱骨 ± 4.25cm。

根据股骨和胫骨的综合长度快速估计身高见图 3—36。方法是测量股骨和胫骨的最大长度，将此两数值（cm）相加，所得数在图中查身高数值。

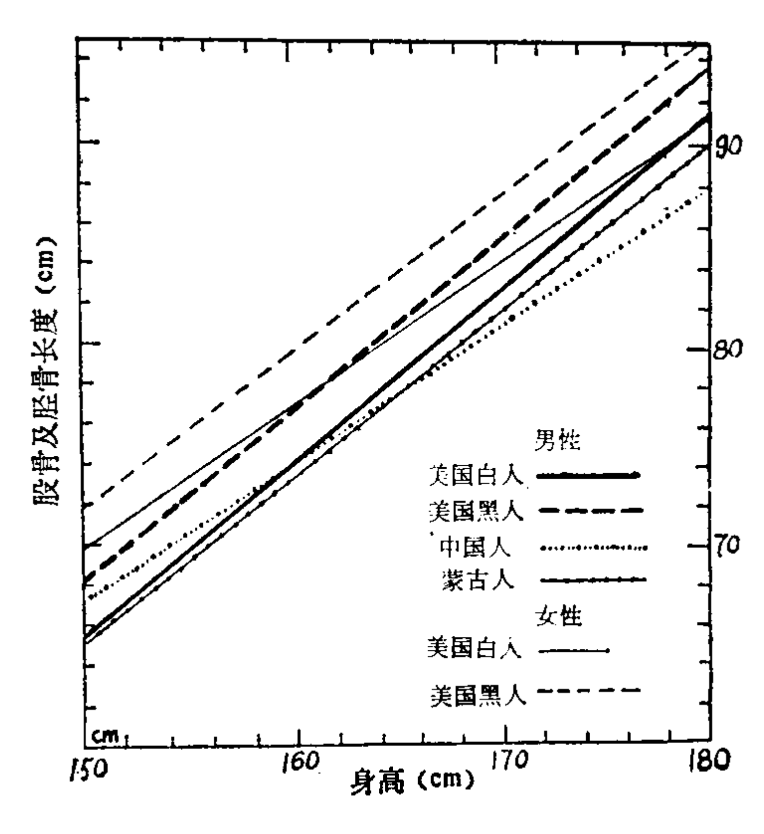


图 3—36　股骨胫骨长度估计身高图

黄种人身高与长管骨之间的关系见表 3—25。

日本人身高与长管骨的关系见

表 3 —26（据安藤氏）。

表3—25 黄种人身高与长管骨之间的关系（厘米）

男	女
身高 = 股骨长 ×3.66 + 5cm	身高 = 股骨长 ×3.71 + 5cm
身高 = 胫骨长 ×4.53 + 5cm	身高 = 胫骨长 ×4.61 + 5cm
身高 = 腓骨长 ×4.58 + 5cm	身高 = 腓骨长 ×4.66 + 5cm
身高 = 肱骨长 ×5.06 + 5cm	身高 = 肱骨长 ×5.22 + 5cm
身高 = 尺骨长 ×6.41 + 5cm	身高 = 尺骨长 ×6.66 + 5cm
身高 = 桡骨长 ×6.86 + 5cm	身高 = 桡骨长 ×7.16 + 5cm

表3—26 日本人身高与长管骨的关系（安藤氏）

名　称	男		女	
	左	右	左	右
肱　骨	5.474×	5.337×	5.577×	5.440×
桡　骨	7.112×	7.086×	7.500×	7.415×
尺　骨	6.638×	6.606×	6.885×	6.813×
股　骨	3.836×	4.040×	3.901×	3.934×
胫　骨	4.731×	4.792×	4.812×	4.822×
腓　骨	4.812×	4.813×	4.912×	4.920×

（二）根据骨盆推算身高

柯应夔氏认为女性骨盆入口平面面积与身高有关。据994例中国人正常女性骨盆测量统计，其骨盆入口平面面积与身高的关系如表3—27（骨盆入口平面面积的计算方法：入口前后径×入口横径＝入口平面面积）。

表3—27　中国正常女性骨盆入口平面面积与身高的关系

身高（cm）	骨盆数	骨盆入口平面面积（cm^2）		
		最小值	最大值	平均值
140—144	8	101.6	129.3	117.6
145—149	65	106.0	128.4	128.4
150—154	255	106.2	176.1	135.5
155—159	374	108.5	185.0	142.9
160—164	215	119.2	183.5	150.6
165—169	75	126.4	187.6	158.4
170—174	1			181.8
175—179	1			165.1

（三）根据长管骨残块确定身高

在法医工作实践中，往往遇到年代过久的骸骨或长管骨两端有损伤，已经朽烂残缺，无法测得长管骨的最大长度时，就不能按一般方法推算死者生前身高。此时需要根据残骨来确定身高。

目前从残骨推算身高的方法是检验残骨碎段，分段确定长度，以此计算出长管骨的全长，然后再按全长推断身高。各段分界点选在解剖学最明显的部位，见图3—37。

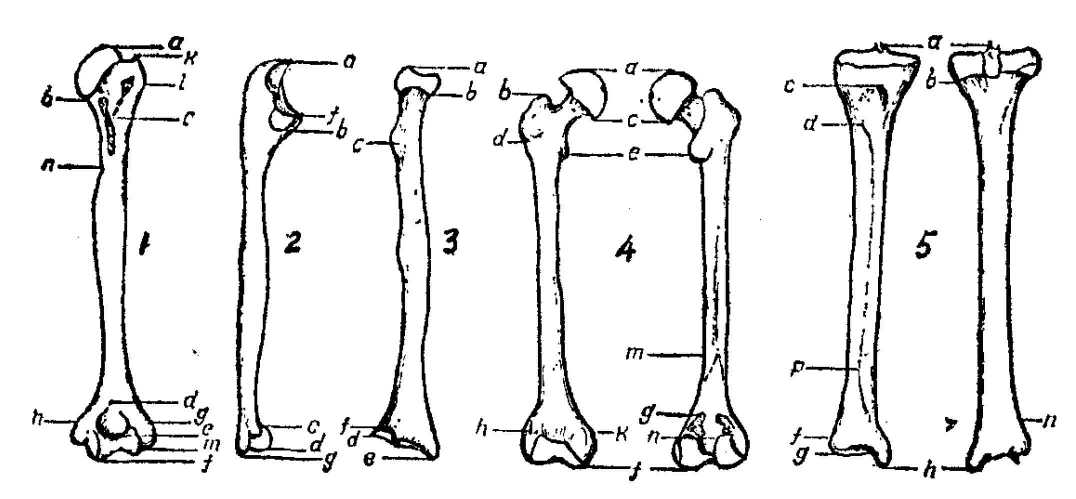


图3—37　长管骨各段分界点位置

1.肱骨；2.尺骨；3.桡骨；4.股骨；5.胫骨

肱骨：

a点—肱骨头最上点（最近点）；

b点—肱骨头关节面最下缘；

c点—肱骨大结节下方，大结节与小结节肌嵴汇合处（小圆肌与肱三头肌外侧头附着的肌线相会合处）；

d点—鹰咀窝近侧边缘点；

e点—鹰咀窝远侧边缘点；

f点—肱骨滑车远侧点；

桡骨：

a点—桡骨头最上点（最近点）；

b点—桡骨小头远侧点（小头下缘）；

c点—桡骨粗隆中点；

d点—尺骨切迹远侧点；

e点—茎突远侧点。

胫骨：

a点—髁间隆起最近点；

b点—上端骨骺线近侧点；

c点—胫骨粗隆最上点；

d点—沿胫骨粗隆下缘弯曲线部位的前嵴近端点；

e点—骨干最小圆周点上的横断线；

f点—下端骨骺线远侧点；

g点—下关节面远侧点；

h点—内髁最远点。

首先自每一测量点引出一条水平线，计算每一部分的长度，然后换算成该骨的总长度。长骨残骨各部分与总长度的百分比及标准偏差见表3—28。

表3—28 长管骨残骨各段与总长度的百分比及标准偏差（白种人）

残骨各段	肱　骨	桡　骨	胫　骨
a—b	11.44±1.71	5.35±1.31	7.88±1.31
b—c	7.60±1.67	8.96±1.95	4.84±1.31
c—d	69.62±1.74	78.72±0.25	8.86±0.93
d—e	6.26±0.90	7.46±1.10	48.54±4.27
e—f	5.47±0.86	—	22.09±3.35
f—g	—	—	3.29±0.74
g—h	—	—	5.04±0.92

为适应实际检验的需要，对各种残骨都能作身高的推测，有人补充了一些测量点。

肱骨：

k点—肱骨大结节最上点（最近点）；

l点—大结节底部最远点；

h—g点—相当于内侧髁（h）及外侧髁（g）骺与骨干愈合线上；

m点—外上髁远侧点。

桡骨：

f点—尺骨切迹边缘近侧点。

尺骨：

a点—尺骨鹰咀突近侧点；

f点—冠突边缘的近侧点；

b点—桡骨切迹远侧点；

c点—环状关节面边缘的近侧点；

d点—尺骨小头远侧点；

g点—茎突最远点。

股骨：

a点—股骨头最近点；

b点—大转子近侧点；

c点—股骨头关节面远侧点（在骺线上）；

d点—走向骨干部位的大转子远侧点；

e点—小转子最突起点；

h—k点—相当于外侧髁（h）及内侧髁（k）远端骺线上的点；

l点—股骨下端髌面的近侧点；

g点—腓肠肌内侧头附着面上缘点（近侧点）；

f点—内侧髁最远点。

胫骨：

n点—腓骨切迹上近侧点。

根据长管骨碎块各段的实测长度推算长骨总长的计算公式列表3—29（白种人材料，下同）。

表3—29 根据长管骨各段实测长度确定长骨总长度计算公式　　单位：厘米

肱	骨
ad×1.041+25.447±3.1	lk×1.125+27.860±4.0
ah×1.034+16.927±3.0	lg×1.108+34.781±4.4
ag×1.040+17.266±3.1	le×1.109+23.254±3.8
ae×1.036+ 8.059±2.6	lf×1.064+15.461±3.1
kg×1.059+25.047±3.3	lm×1.122+ 5.880±4.0
kh×1.059+13.790±3.1	bd×1.102+49.176±4.2
kg×1.068+13.506±3.5	bh×1.096+38.739±4.0
ke×1.057+ 6.139±3.1	bg×1.111+37.335±4.2
kf×1.027+ 4.536±2.1	be×1.114+25.637±3.8
km×1.004+8.483±4.0	bf×1.097+ 3.487±2.4
ld×1.128+38.998±4.2	bm×1.081+20.773±3.1
桡	**骨**
ad×1.048+ 7.465±2.3	bf×1.080+17.194±3.3
af×1.059+10.424±2.4	ce×1.147+ 4.897±2.2
be×1.041+ 1.107±2.0	cd×1.165+22.224±3.8
bd×1.080+11.730±2.9	cf×1.165+28.247±3.9

尺	骨
$ad \times 1.011 + 1.851 \pm 2.1$	$fc \times 1.072 + 23.908 \pm 3.9$
$ac \times 1.040 + 3.630 \pm 2.4$	$bg \times 1.100 + 19.267 \pm 3.3$
$fg \times 1.043 + 16.460 \pm 2.6$	$bd \times 1.118 + 20.899 \pm 3.7$
$fd \times 1.047 + 20.178 \pm 3.6$	$bc \times 1.135 + 27.046 \pm 4.2$

股	骨
$ah \times 1.045 + 28.277 \pm 3.2$	$cl \times 1.081 + 54.362 \pm 4.9$
$ak \times 1.061 + 22.308 \pm 3.0$	$cg \times 1.096 + 79.929 \pm 7.2$
$al \times 1.026 + 29.445 \pm 3.9$	$df \times 1.089 + 18.819 \pm 4.9$
$ag \times 1.044 + 50.893 \pm 5.5$	$dh \times 1.181 + 37.607 \pm 6.3$
$bf \times 1.016 + 6.056 \pm 5.0$	$dk \times 1.178 + 39.554 \pm 6.3$
$bh \times 1.094 + 24.274 \pm 5.8$	$dl \times 1.153 + 40.036 \pm 6.3$
$bk \times 1.102 + 20.770 \pm 6.0$	$dg \times 1.123 + 81.549 \pm 8.6$
$bl \times 1.075 + 24.721 \pm 6.2$	$ef \times 1.177 + 15.086 \pm 5.7$
$bg \times 1.120 + 38.529 \pm 6.7$	$eh \times 1.145 + 79.752 \pm 7.4$
$cf \times 1.024 + 34.217 \pm 3.2$	$ek \times 1.133 + 84.031 \pm 7.4$
$ch \times 1.138 + 41.399 \pm 4.5$	$el \times 1.132 + 76.639 \pm 7.3$
$ck \times 1.117 + 49.820 \pm 5.1$	$eg \times 1.089 + 121.185 \pm 9.6$

胫	骨
$af \times 1.056 + 0.836 \pm 3.3$	$bn \times 1.130 + 45.415 \pm 6.9$
$ag \times 1.027 + 0.664 \pm 2.9$	$ch \times 1.098 + 3.749 \pm 3.4$
$an \times 1.073 + 27.424 \pm 5.9$	$cg \times 1.083 + 25.668 \pm 3.9$
$bh \times 1.098 + 6.759 \pm 3.3$	$cf \times 1.104 + 29.464 \pm 4.5$
$bg \times 1.062 + 21.992 \pm 4.0$	$cn \times 1.114 + 60.491 \pm 6.8$
$bf \times 1.097 + 21.120 \pm 5.0$	

1969年又有人在上述基础上进一步发展补充了如下一些测量点。

肱骨：n点一近侧三角肌粗隆处最小前后径。

股骨：m点一位于股骨嵴外侧唇走向关节髁部位。

胫骨：P点一位于胫骨干前嵴远侧点（前嵴与干长轴交点，或前嵴弯向内髁处）。

各段测量数值与长管骨的关系见表3—30。

最近，一些作者提出使用长管骨横径来推算长管骨总长度，主要的几个度量如下：

肱骨：

H_3—肱骨头内侧点至大结节最外侧点之间距离。

H_4—肱骨下端内髁最内侧点至外髁最外侧点之间距离。

桡骨：

$R_4'_1'$—小头横径，即环状关节面的内侧与外侧点之间的距离。

$R_5'_1'$—小头矢状径，此线与$R_4'_1'$相垂直。一般$R_4'_1'$与$R_5'_1'$大小相等。

尺骨：

U_8—鹰咀突高度（尺骨最高点到等分鹰咀突下缘点的距离）。

股骨：

F_{21}—远端骺的宽度，即内侧髁与外侧髁彼此相隔最远的距离。

胫骨：

T_3—近端骺的宽度，即胫骨上端内、外侧髁间的

表 3 —30　根据长管骨各段确定长管骨总长（cm）

肱　　骨	股　　骨	胫　　骨
男		性
ab 0.20 + 25.22 ± 1.18	ae 0.16 + 32.94 ± 1.39	ac 0.08 + 34.85 ± 1.64
bn 0.07 + 26.70 ± 1.17	em 0.07 + 26.20 ± 1.31	cd 0.04 + 34.14 ± 1.60
nd 0.08 + 17.30 ± 0.98	mn 0.03 + 42.18 ± 1.67	dp 0.06 + 26.73 ± 1.38
de 0.18 + 27.40 ± 1.23	nf 0.21 + 37.44 ± 1.56	pg 0.06 + 31.40 ± 1.58
ef 0.24 + 28.66 ± 1.23		gh 0.11 + 35.26 ± 1.64
女		性
ab 0.14 + 25.89 ± 0.13	ae 0.08 + 36.55 ± 1.23	ac 0.14 + 30.93 ± 0.98
bn 0.14 + 20.55 ± 0.84	em 0.06 + 28.46 ± 1.02	cd 0.06 + 37.26 ± 1.02
nd 0.06 + 20.73 ± 1.19	mn 0.03 + 38.90 ± 1.23	dp 0.05 + 25.73 ± 0.74
de 0.20 + 25.03 ± 1.18	nf 0.11 + 37.98 ± 1.24	pg 0.03 + 36.41 ± 1.13
ef 0.12 + 28.35 ± 1.26		gh 0.17 + 31.50 ± 1.09
性	别　　末	知
ab 0.27 + 22.60 ± 1.32	ae 0.23 + 27.90 ± 1.56	ac 0.20 + 31.15 ± 1.88
bn 0.12 + 23.12 ± 1.26	em 0.10 + 20.19 ± 1.53	cd 0.07 + 32.02 ± 1.91
nd 0.10 + 14.79 ± 1.18	mn 0.06 + 38.83 ± 2.11	dp 0.07 + 23.67 ± 1.66
de 0.23 + 25.46 ± 1.47	nf 0.33 + 32.47 ± 1.91	pb 0.09 + 27.71 ± 1.86
ef 0.20 + 28.64 ± 1.52		gh 0.24 + 32.51 ± 1.97

宽度。

T_6—远端骺的宽度，即下端内髁最内侧点与骺外表面最外侧点之间的距离。

长管骨横径与长管骨长度关系的回归方程如表3—31，可以直接确定身高，对中等或矮个的残骨准确性较高，一般不超过1—4.5厘米；如用来推算高个身长者，误差可达10厘米。

表3—31　根据长管骨确定身高（厘米）

男	女	火焚骨校正值 (mm)
(H_8) 8.3809 + 122.88 ± 6.05	(H_8) 8.9068 + 111.98 ± 4.84	H_8 + 1.6
(H_4) 5.6653 + 129.49 ± 6.36	(H_4) 3.9397 + 131.12 ± 4.81	H_4 + 3.0
(R_4'1') 9.9272 + 139.91 ± 6.11	(R_4'1') 7.9079 + 135.62 ± 5.47	R_4'1' + 1.2
(U_8) 20.3751 + 123.72 ± 6.02	(U_8) 12.4028 + 129.85 ± 5.25	U_8 + 1.2
(F_{21}) 8.3324 + 96.71 ± 6.78	(F_{21}) 7.8789 + 94.13 ± 5.03	F_{21} + 2.2
(T_3) 5.8049 + 120.29 ± 6.22	(T_3) 5.2902 + 116.08 ± 4.77	T_3 + 2.0
(T_6) 10.6597 + 107.14 ± 6.38	(T_6) 11.0601 + 98.88 ± 5.32	T_6 + 1.5

（四）根据肩胛骨推算身高

国外已有按肩胛骨推算身高的报导，以白种人为例，肩胛骨高与身高之比，男性为9—11%（平均右肩胛骨为9.6

±0.001；左肩胛骨为9.8±0.001），女性为8.6—10.6%（平均右肩胛骨为9.3±0.03；左肩胛骨为9.5±0.002）。这种肩胛骨与身高的比例关系，和中国人十分近似。现将肩胛骨的高度与身高的关系列于表3—32，供参考。

表3—32 根据肩胛骨高度确定身高

男性		女性	
肩胛骨高度（mm）	身高（cm）	肩胛骨高度（mm）	身高（cm）
147	158	135	143
150	160	138	146
153	162	141	148
156	164	144	151
159	165	147	153
162	166	150	156
165	167	153	159
168	168	156	160
171	169	159	161
174	170	162	162
177	172	165	164
180	174		
183	176		
186	178		
189	180		

七、根据颅骨和其他骨骼作个人认定的可能性

目前根据头颅作个人认定的方法，主要有三种，即根据颅骨和其他骨骼骨性特点，分析死者生前面貌特征及其它特点，进行文字描述；将颅骨和死者生前照片套叠（颅相重合法）；按头骨复原面貌，通过制作塑像达到辨认目的。

（一）根据颅骨和其他骨骼骨性特征描述生前面貌及其他特点

首先根据骨骼上所反映的性别特征，确定男性或女性；再根据骨骼变化特点，推断死者年龄；根据骨骼的各种测量数据，计算死者生前的身高。

检查骨骼有无疾病。如佝偻病引起骨盘的形态改变、鸡胸等；小儿麻痹症的患肢萎缩、左右不对称或骨质变轻、骨密质变薄、改变股骨颈干角正常数值以及大骨节病等等。还有如老年妇女裹足、下颌畸形、颏部后缩或前突、下巴过长，骨骼有无损伤、有无骨痂等等，都可以提供死者生前可能患过什么疾病，受过何种伤，伤后治疗情况等。

齿列是否整齐，有无超𬌗、反𬌗、重叠，有无龋牙，是浅龋（轻度破坏，未达牙本质）、中龋（已达牙本质，形成龋洞）还是深龋（达牙本质深层），能否引起牙痛，有无修补，有无异齿，是金属的还是磁质的，在何部位，根据异齿磨损程度推断镶牙时间等等。有否因职业或生活习惯引起牙齿特殊磨损，牙面颜色如何，有无特殊色素沉着等。

面部骨性特点，如颧骨突出否，鼻子高矮宽窄，眼裂上

吊还是下挂；颅形有椭圆形、菱形、五角形、楔形、圆形；面形有椭圆形、圆形、长方形、方形、正三角形、倒三角形、菱形等。

如系女性骨骼，可提供是否分娩。

根据骨骼特征，可能提供死者生前的职业、民族以及什么地区的人等等。

（二）颅相重合法

在颅骨个人识别中，目前普遍采用的方法是颅相重合法。此法需具备失踪者生前的照片及死者颅骨。先将失踪者生前头部照片制成负片，再把颅骨放置在与失踪者头部照片相同的角度和距离上，拍摄成负片。然后将两种负片重合，观察颅骨骨性特征与软组织相应部位的标志点是否重合，其轮廓是否相称，以鉴定是否为同一个人。此法是一种比较精细的种类认定，其否定价值大于肯定价值。作肯定结论时要十分慎重，需结合案情和其它辅助检验手段所取得的结果进行深入的分析研究，才能确定。

颅相重合方法可以分四个步骤进行：

1.检材的准备

（1）清洗颅骨，除去残留的软组织，用5％来苏尔液浸泡消毒，汽油脱脂，如颅骨色深，用1－3％过氧化氢漂白。

（2）整理修复颅骨。颅骨正、侧面如有破损，应予修补粘合，脱落牙齿用橡胶泥复位。下颌骨复位时，应注意在下颌关节窝内垫入2毫米厚纸片代替软骨盘，使之固定在原有位置上，上下牙列正常咬合。

（3）进行颅骨测量，确定颅型和面型。

（4）根据骨性特征，确定骨骼的性别和年龄。分析颅骨特点，推测死者生前可能存在的面部特征。

（5）在颅骨上标明重合标志点，这是颅像重合的客观基础。重合标志点包括：

眉的位置——多数略低于眶上缘，部分跨在眶上缘上或内段略低于眶上缘，外段稍高于眶上缘。

眼的位置——眼内角大约在泪囊窝中点外侧约3毫米处，眼外角则相当于眶外壁眶结节内侧3毫米处。眼裂长轴（或平视时瞳孔位置）大约处于眶高的中三分之一与下三分之一临界的水平线上。

鼻的位置——鼻的软骨部分在梨状孔处，鼻翼上界处于上颌骨鼻甲嵴与梨状孔交接的水平点上。

口的位置——两口角在第一前磨牙和第二前磨牙间缝处，唇闭合线在上切牙牙冠中部，在咬合状态时，则处于下门牙切缘。

耳的位置——耳屏在骨性外耳门外侧。

重合标志点可用下列方法在颅骨上标出：先将火柴杆（或牙签）截成半厘米长，用蓝墨水染成深色，待干后用清漆或其他粘合剂将其固定在颅骨各重合标志点上。

（6）选用失踪者合适的头像照片。有条件的最好选用正面、侧面头像。有不同时期照片时，以选用离失踪时间最近的照片为宜。

2.拍照

（1）将失踪者头像相片翻拍制成负片备用，负片中人像大小最好不小于4×5厘米。如保留有原负片，则采用原负片为最好。

（2）把颅骨枕大孔固定在可以任意调节各种角度的云台上，用黑色作背景（固定颅骨的支架也用黑布掩盖），使拍摄的负片背景保持透明，在同人像负片重合时，能看清各自的重合标志点。但为了方便，在照相取景、对光时，可暂用浅色作衬底，这样可以看清反映到相机毛玻璃上的重合标志点。

（3）为了避免在照相时颅骨产生不必要的透视变形，最好选用座机或三号林哈夫照相机拍照。

（4）确定颅骨拍照距离

颅骨拍照距离和角度正确与否，是颅像重合成败的关键。颅骨距离和角度的确定，应该尽量符合于客观，不能为了使颅骨影像能套入人像中，以取得表面上的吻合，而任意缩小或加大颅骨的拍照距离。可以采用以下的几种方法，取得颅骨拍照的正确距离：

① 用人像照片上的遗物，作为颅骨拍照距离的客观标尺。例如，人像上可能有帽徽、领章、纪念章、纽扣、眼镜、其他装饰物或衣着花纹图案等，即可利用原物（没有原物可以用相同物代替）作为客观标尺，放在要拍照的颅骨相应部位，同时将人像负片贴在相机毛玻璃上，将颅骨拍照距离调节到同人像上该物大小相同时为止。

② 用瞳孔间距作为标尺。我国成年人瞳孔间距离大多数在6.3—6.6厘米之间。取厚纸片剪成6.4厘米长，2毫米宽的纸条，将其中点固定在供拍照的颅骨额鼻角的鼻骨间缝处，使纸条长轴保持水平，纸条两端间距离即为瞳孔间距离，以此为标尺，调节颅骨与相机距离，使其瞳孔间距的标尺与人像负片上的瞳孔间距保持一致，按这个距离拍照颅像。

③ 如果是牙齿外露的人像照片，应按牙齿大小、外形、

缝隙间距等特征作为调节颅骨拍照距离的依据。如牙齿有特殊特征,还可与失踪人头像牙齿影像重合,直接作出个人识别。

④ 检查颅骨重合标志点及其相互关系与人像上的标志点及其相互关系是否吻合。这种吻合与否亦需将人像负片贴在相机毛玻璃上，再调节颅骨拍照距离而取得。

（5）调整颅骨拍照角度

按人像照片头部姿势和角度，调整颅骨拍照角度。可采用以下几种方法：

① 先在人像负片上标划出颅像重合标志点，然后将人像负片用橡胶泥粘在相机毛玻璃上，使事先标好标志点的颅骨，在照相时按人像上标志点的要求，调整它的姿态和角度，达到与人像一致。

② 用透明纸（或硫酸纸）按失踪者头像描画出头面部轮廓和标志点，将描好图的透明纸用橡胶泥粘在相机毛玻璃上，依此调节颅骨角度。亦可用特种铅笔将人像轮廓和标志点直接描在相机毛玻璃上，作为调节颅骨角度的依据。

③ 通过眉间点和颏前点分别在失踪人头像和颅骨上作一直线（头面部轴线）。通过人像上的颏前点，作一与人像照片底边的垂直线，与上一直线相交在颏前点，算出这两条直线的夹角，即为头部倾斜角度。然后在相机毛玻璃中心部作一垂线，标出倾斜角度，以调整颅骨照相的角度。

（6）颅骨照相所采用的灯光，必须十分柔和而均匀，不可明暗相差太大。一般主光和辅助光的配比以不超过2：1为宜。采用不同的曝光时间，拍出若干张不同密度的负片，选择色调最合适的负片，供颅像重合使用。

（7）为了减少拍照和放大时造成的透视变形，拍照

时，将相机光轴对准颅高的中部，采用中等光圈；所得负片中的影像，应不小于 4 × 5 厘米。

3.重合

选取姿势、角度、大小相应的头像和颅像负片各一张，校正好影像位置，使左右方位不要搞错，将两张负片重叠在一起，在透光装置下重合（即将颅骨和人像上的重合标志点互相对准，这一步可在X光看片灯或照相印相机上进行）。将重合好的负片用胶纸固定，置于放大机装片盒内放大，制成颅骨与头像的重合照片。然后固定放大机，取出重合负片，再分别放制同样大小的颅像和头像照片。

为了便于评价重合的差异点，所放制的重合照片和单独照片，都不应小于原物大小的三分之一（可按颅骨计算）。

4.对重合照片的评价

重合照片中的颅骨与头像是否吻合，不能凭主观印象，而是应该对重合照片进行科学评价之后得出的。主要依据以下几点：

（1）重合之前，送检颅骨是否经过年龄、性别等鉴定，其结果是否与失踪者年龄、性别相符。

（2）头像上和颅像上的重合标志点，是否吻合。

（3）骨骼的轮廓和各测量点的软组织厚度是否符合。颜面部各测量点的软组织厚度，可参阅头骨面貌复原中颜面部各测点的厚度。

（4）如头像牙齿有外露，则应特别注意牙齿影像轮廓是否完全重合。

（5）应考虑可能出现的误差：

① 失踪者如有多张照片，应以正面和侧面照片为主，

其他照片亦可重合，互相印证，以提高重合的准确性。如有不同时期照片，则应以离失踪时间最近的照片为准。

② 头像照片是否因拍摄角度不同而出现头部变形。

③ 头像底片有否做过修饰、涂色，是否因配光技巧不同出现脸部变形。

④ 失踪者照相时，有否做过化妆和整容，是否因戴眼镜造成鼻、眼部变形。

⑤ 注意头像中脸部肌肉是否放松。牙齿咬紧时照的头像，其唇闭合线在下切牙上缘。如被拍照人脸部比较放松，则下颌骨位置通常下垂，虽然两唇闭合，但上下颌牙齿切缘间亦留有2—3毫米的空隙，反映在重合照片上，下颏位置可能不合适。

也有人提出，通过直角坐标系定位方法，采用与实际头颅等大的颅骨和脸部照片（拍摄制片时应考虑相同角度和距离），对各个标志点进行比对，如果所比对的各标志点间距离不超过2—3毫米，即可认为是同一。但这种方法在实际应用中尚有许多困难，例如颅骨可以制成实际大小的照片，但脸部照片放大往往缺少客观标准。

最近有文献报导，采用概率统计法以判断人像照片与颅骨照片之间的形态学关系。此法系先在人像脸部和颅骨照片上测出各部分投影的绝对和相对尺寸，然后通过相关系数的计算，判断各测量特征之间的相互程度。进行法医鉴定时，要特别注意脸部和颅骨的下列一些特点：

口腔点—颏点；　眉间—鼻下点；

鼻根—鼻下点；　眉间—鼻根点；

外眼角—眉间点；　外眼角—颏点；

外眼角之间的距离——左右眼裂长度。

由于计算技术的发展，在颅相比对中，已有运用电子计算机处理人像与颅骨各解剖点的数量值，确定数量参数，选择最稳定的特征，以提供相同或相异的可能性。其选用的解剖学各点见图 3—38。

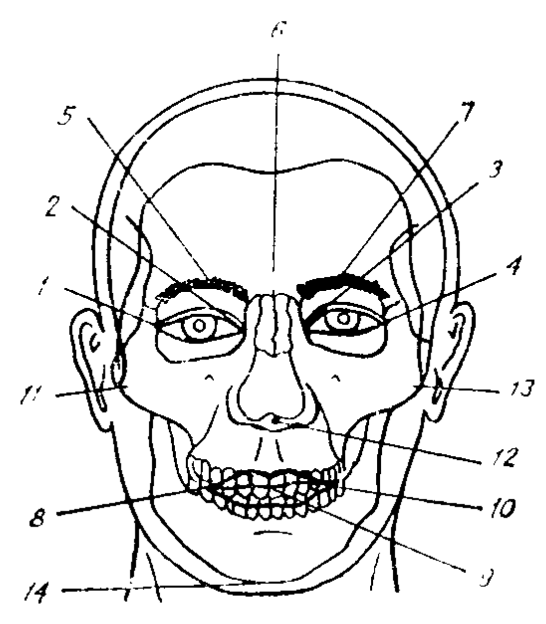


图 3—38 电子计算机处理人像与颅骨特征时所选用的各点位置

在颅相重合技术方面，近年来也有改进，已设计出专供颅相重合的光学装置，

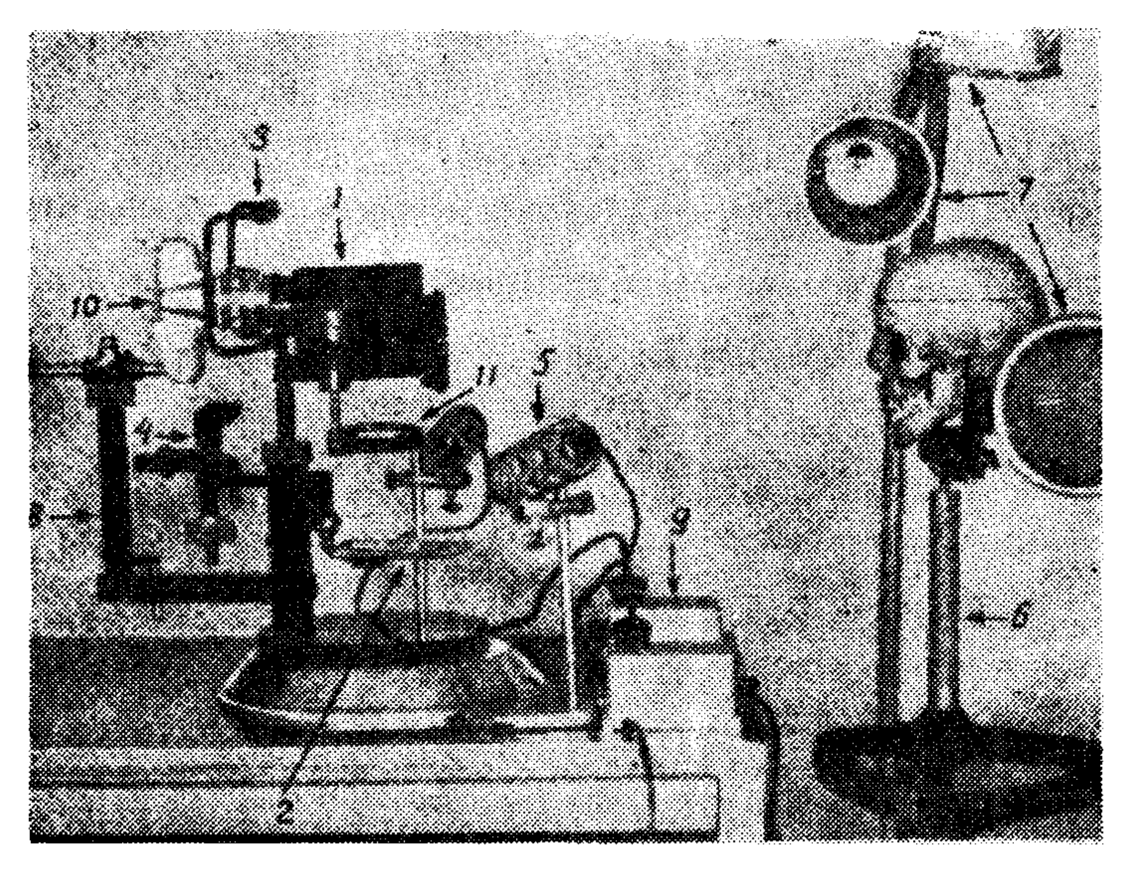


图 3—39 供颅相重合用的光学装置

如图3—39。也有采用电视技术进行颅相重合。

（三）根据颅骨复原面貌

根据颅骨复原面貌的方法，是依照头面部骨骼的类型、特点，按尸体头面部软组织厚度的测量数据，用软塑胶泥进行塑像。用这种方法塑成的面貌，在辨认无名尸骨时能提供一种直观的形象。就目前的研究水平，根据颅骨复原面貌只能达到大体上的相似，而面貌的一些细节特征，如嘴唇、鼻子形状，眼睛的特点，耳朵大小和外形，以及皮肤衍生物（胡须分布、痣等），有无靥窝、皱纹，前额高矮和发式等等，则主要按塑像者主观想象进行复原，所以按此作为识别依据是不可靠的。在实际识别个人时，不仅靠大体上相似，更重要的是根据一些细节特征。而且，即使这些方面复原比较理想，也只是解决了外表形态上的相似，即形似，还远不能表达死者生前的神态、内心精神状况，即所谓神似，这更是骨骼所不能反映的，也是颅骨复原面貌工作中目前难以解决的问题。因此，作者认为，根据颅骨复原面貌，对历史人物或古人类有其特殊意义；而在法医工作中用于个人识别，仅能作为参考。过分强调颅骨复原面貌在法医个人识别中的作用，甚至仅根据复原的面貌就得出个人认定的结论，是缺乏科学根据的。

1.面部软组织厚度测量点的分布、测量方法及数据

面部软组织厚度的测量方法，主要有尸体针刺直接测量和活体X光测量。尸体直接测量法通常是用带小块橡皮的尖针，垂直插入各测量点，以针尖触到骨质为止。尖针插入时，软组织将橡皮向上推移，然后拔出尖针，测量针尖到橡

皮下缘的距离，即为该部位软组织的厚度。X光测量法一般只能得到头部正中矢状面和两侧面软组织厚度。

测量点的数量及分布如下：

位于正中矢状面的测量点——发际、眉间、鼻根点、鼻梁、上唇根、人中、颏唇沟、颏隆凸、下颌体下缘；

侧面测量点——眉心（眉毛中部）、眶下缘中点、下颌咬肌前缘、颧弓突出处、咬肌中心处、下颌角点，见图3—40。

白种人15个测点的厚度见表3—33。

黄种人头部软组织的测点及厚度见图3—41和表3—34。

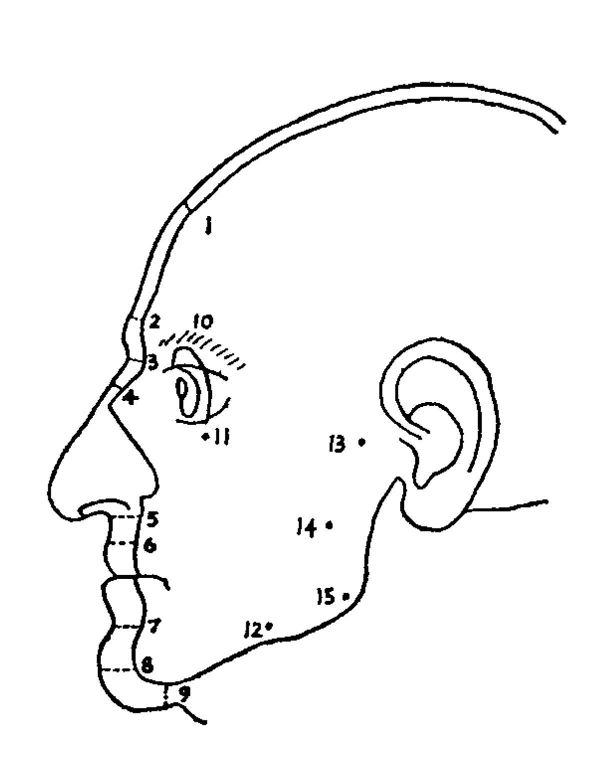


图3—40　白种人测点位置

表3—33　尸体面部15个测点的组织厚度（白种人依Stewart）

测点	消瘦性病死者（9例男性）	自杀者（健康人）				范围
		合计（28例）	男性 17—40岁（16例）	男性 50—72岁（8例）	女性 18—52岁（4例）	
A．中线测量值（mm）						
1.发际	3.4	4.08	4.03	4.1	4.16	2.5—5.0
2.眉间	3.9	5.17	4.91	5.3	4.75	3.0—6.0
3.鼻根	4.8	5.45	5.50	5.6	5.0	3.0—7.0
4.鼻梁	3.0	3.29	3.25	3.5	3.0	2.0—3.5
5.上唇根	10.8	11.25	11.38	11.6	9.75	8.0—14.0
6.人中	8.16	9.37	9.53	9.5	8.26	6.5—12.0
7.颏唇沟	8.5	10.0	9.62	10.9	9.75	7.0—14.0
8.颏隆凸	8.5	11.05	10.66	12.2	10.75	8.0—15.0
9.颏下下颌骨最浅处	4.1	6.16	5.97	6.4	6.5	2.5—8.0
B．脸侧测量值（mm）						
10.眉中点	4.6	5.80	5.69	6.1	5.5	4.0—8.0
11.眼眶下缘中点	3.75	4.90	4.56	5.6	5.25	4.0—6.5
12.下颌咬肌前缘	4.75	8.37	7.90	9.4	8.1	3.5—12.0
13.颧弓上	3.8	6.05	5.75	6.4	6.75	2.5—9.0
14.咬肌中心处的上枝	13.0	17.55	18.0	18.1	17.0	10.0—22.0
15.下颌角点	8.0	12.08	12.12	12.3	11.5	5.5—16.0

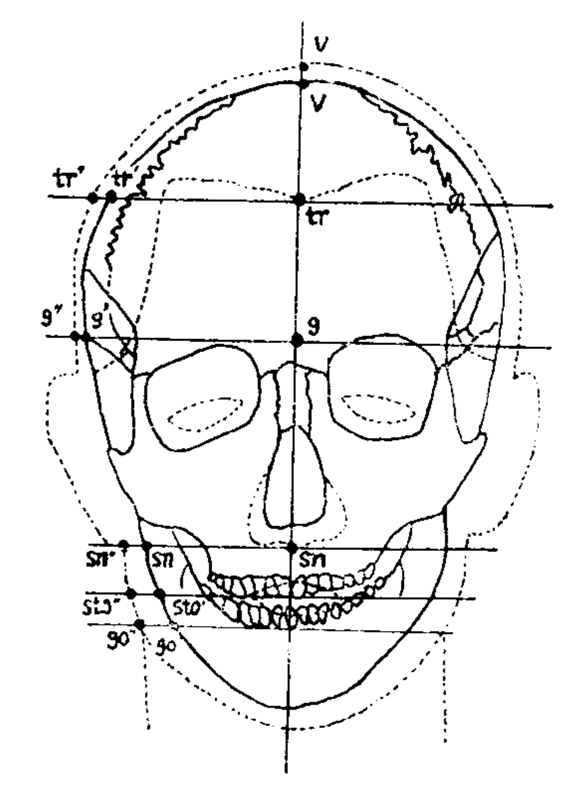


图 3 —41 (1)　黄种人测点的位置（正面）

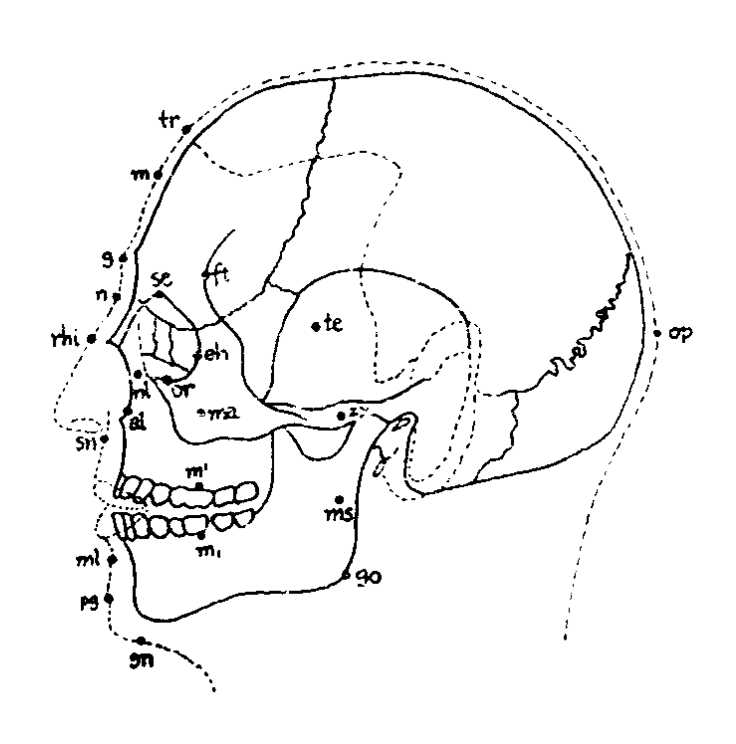


图 3 —41 (2)　黄种人测点位置（侧面）

表3—34　黄种人头部软组织的测点及厚度（小川）

测点 \ 年龄 平均值		20—29	30—39	40—49	50—59	60以上
		M + m	M + m	M + m	M + m	M + m
前头部	tr	2.74±0.26	2.76±0.28	2.61±0.17	2.63±0.38	2.47±0.17
	m	3.26±0.27	2.60±0.55	3.31±0.24	3.07±0.39	2.39±0.35
	ft	3.59±0.47	3.36±0.41	4.58±0.30	3.36±0.20	2.89±0.22
	g	3.71±0.33	3.56±0.44	3.53±0.19	3.59±0.41	3.36±0.29
鼻部	n	3.59±0.78	4.34±0.35	3.92±0.22	3.61±0.43	3.41±0.28
	rhi	2.03±0.32	2.14±0.29	1.99±0.21	2.10±0.41	1.64±0.17
口部	sn	11.35±0.65	12.32±0.49	9.45±0.55	10.57±1.50	7.70±0.98
	ml	8.43±0.40	10.84±0.67	10.04±0.32	12.38±1.22	7.57±1.34
	m	17.76±1.18	19.46±2.06	17.06±0.99	17.64±2.01	19.17±1.85
	m	10.69±0.65	12.54±3.70	11.50±1.16	11.34±0.59	11.76±2.65

（续表）

颏	pg	10.06±0.63	10.90±1.88	10.60±0.57	10.59±0.62	10.20±0.86
部	gn	4.03±0.49	4.20±0.49	4.79±0.43	4.51±0.47	4.00±0.27
眼	sc	4.48±0.29	4.92±0.64	4.65±0.55	4.69±0.64	4.30±0.41
	or	4.86±0.35	6.84±1.10	5.49±0.62	6.93±0.75	5.93±1.00
部	ek	3.31±0.16	2.94±0.40	3.16±0.33	3.94±0.69	2.70±0.46
眼	nl	6.58±0.85	6.08±1.74	6.88±0.61	8.50±0.84	7.16±0.70
下	al	11.08±0.69	11.40±0.67	11.66±0.75	12.59±0.66	11.09±1.40
部	ma	6.38±0.94	8.04±1.17	5.79±0.41	5.89±0.63	6.34±0.75
颊	zy	4.60±0.55	6.62±1.41	4.79±0.71	5.77±1.19	3.76±0.74
	go	8.32±0.75	10.98±3.82	8.24±0.67	8.20±0.85	8.19±1.67
部	ms	14.94±1.31	19.46±2.30	16.51±2.44	14.90±0.93	14.30±1.50
颞部	te	9.45±1.20	5.86±1.74	8.22±0.96	6.43±1.13	5.39±1.10
枕部	op	4.14±0.54	5.50±0.46	4.26±0.34	3.94±0.43	4.57±0.39

单位：毫米

2.面貌复原的一般步骤

（1）首先确定死者性别和年龄；还需研究该颅骨的特征，并把这些特征反映到复原像上；对颅骨进行人类学测量，确定头型，面型，眶型等等。

（2）了解死者所在地区风俗习惯（如头部装饰、习惯发式等等）、民族特点；

（3）将颅骨翻制成石膏模。如果颅骨有损伤、变形，需经修复整理后再翻制；

（4）按测量点位置放置软组织的标高（事先可用牙签做好，并用橡皮泥或雕像腊固定）；

（5）按软组织标高，用橡皮泥或雕像腊复盖软组织部位厚度，并根据该颅骨特征塑造口、鼻、眼、耳。一般先复盖一侧，然后再复盖另一侧；

（6）根据性别、胖瘦、年龄等特点，对塑像作些必要的修改；

（7）根据民族特点和地区风俗习惯，塑造发式和其它附属物。

3.口、鼻、耳、眼的定位

在面貌复原中，确定口、鼻、耳、眼的确切位置及其特点比较困难，一般的原则如下：

（1）口的宽度大致相等于瞳孔间的距离，或与左右尖牙及第一前磨牙间缝之间的长度一致。口唇闭合线与齿列闭合弧线一致，相当于上下牙釉质高度的一半部位，或大约处于鼻底到颏底间距的上部三分之一处。口唇形状可以从上、下牙咬合状态来确定，如上牙复盖下牙则上唇突出，反之下牙超出上牙则下唇比上唇突出。

（2）鼻长度位于鼻额缝至鼻前棘之间；鼻尖高度相当于鼻骨下部三分之一骨质自然趋势的延长线与鼻前棘基本方向的延长线相交之点；鼻孔处的宽度（鼻最大宽）等于一只眼睛的宽度。在实际操作时，也可采用下述方法定位：鼻额缝至梨状孔上端的投影距离的2倍处确定鼻上点（Sn）；鼻翼点（al）的位置因脸型不同而异，短脸型者鼻翼点可定在梨状孔外侧缘外侧5毫米处，长脸型则定在梨状孔外侧缘外侧3.5毫米处。鼻背形态以骨性鼻为基础，鼻骨间缝最下点处软组织最薄约1.5毫米至2毫米，往上渐厚，在鼻额缝处约达4毫米（见图3—42）。

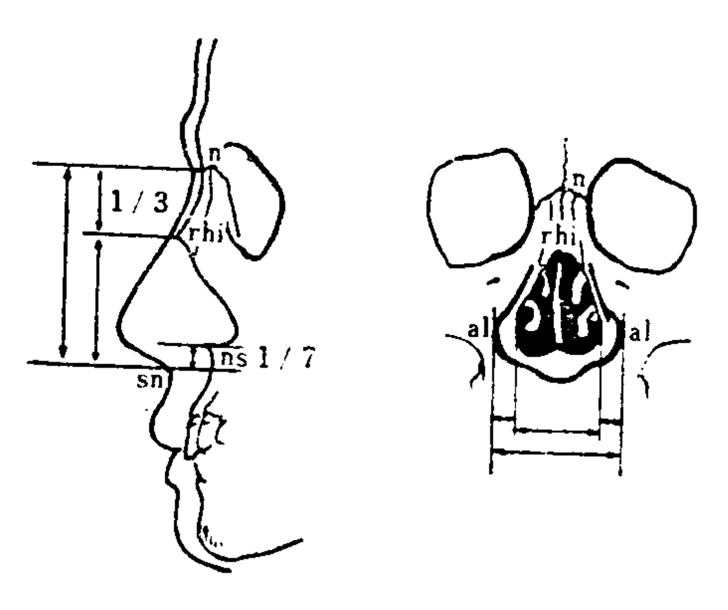


图3—42　外鼻同梨状孔的关系

（3）耳长接近于鼻总长；耳与鼻处在同一平面；鼻底与耳垂下端处于同一水平线；眉毛与耳廓上端处于同一水平线；耳宽为耳长的一半。有人统计，耳道宽大是大耳的标志；反之则耳朵外形较小。耳朵张开程度与乳突形状和发育情况有关，如果乳突小，尖端向下转内，耳廓一般紧贴颅

壁；乳突大而凸出，尖端不向内，则属于大而张开的耳朵。耳纵轴方向与下颌枝长轴方向一致。

（4）眼睛位于头顶到颏底距离的二分之一处，眼内角处于泪囊窝的中段，眼外角在眶外侧壁颧额缝下方的眶结节处。两眼内角距离约等于一只眼裂的宽度。眶的大小与眼的大小不成比例。瞳孔位置通常和眼裂闭合线与眶上缘、眶下缘平分点连线的交点处。

日本市川和义认为：眼内角位置可定在眶最高径的下十分之三处的水平线和眶内侧缘外侧3毫米处的垂线相交点部位（见图3—43）。

眼外角位置定在眶最高径下三分之一处的水平线和眶外侧缘内侧3毫米处的垂线相交部位。一般眼外角比眼内角稍高。眉的位置和眶上缘一致或稍低。

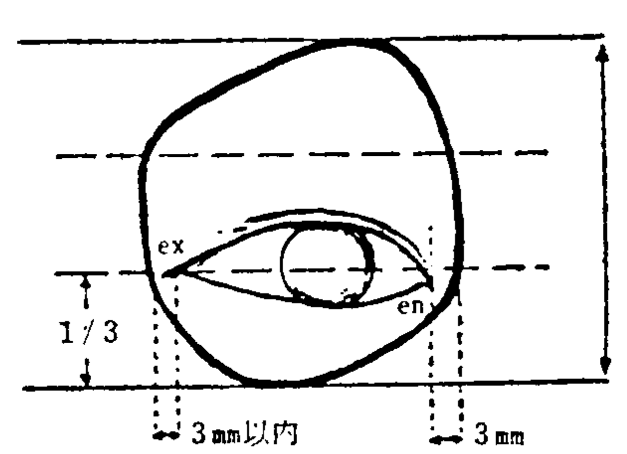


图3—43　眼眶与眼内角点（en）、眼外角点（ex）的位置

前额发际的高度，随年龄增长而上升，而且个体差异比较显著。一般可取眉间点（g）至头顶点（V）的一半处。

八、骨骼入土时间的测定

法医学家和人类学家都会遇到骨骼年代的测定问题。人类学对古代遗骸的年代测定许可有一百年甚至千年以上的误

差，因此，利用同位素碳—14等测定方法即能获得比较满意的结果。但法医学对骨骸年代的测定则要求精确得多，允许误差尽可能小到以年计甚至以月计。所以人类学中通常测定年代的方法，在法医工作中是无法应用的。

尸体在土中的变化，与气温、尸体深埋程度、土壤酸碱度、土壤温、湿度等等有关。南方地区气温较高，尸体又有昆虫兽类喙食，因此有时只需一、二周即呈现白骨化。在高寒地带，深埋十几年的尸体仍有保持完好的。所以考虑尸体入土时间，要结合上述情况分析。

法医学中一般采用的测定骨骼入土时间的方法有以下几种：

（一）形态学观察

软组织消失及白骨化一般需要经过3—4年时间；软骨与韧带腐烂更晚些，约为5—7年后；尸骨脱脂需经过5—10年；10—15年后尸骨开始风化；50年以后尸骨疏松，骨密质薄弱，松质发达部位，骨质剥落而损坏，上述变化受温度、掩埋土质、pH值、湿度影响，腐败进程南方比北方快，暴露在空气中比水中快，水中比土埋快。土中尸体则大颗粒土壤中比小颗粒土壤中快，小颗粒土壤比粘土快。深埋比浅埋腐败进程慢，朝阳比背阴处快，无棺比有棺快，几经开棺检验或挖掘的尸体比无挖掘的快。

（二）骨骼含氮量测定

用杰德海尔（Kjeldhal）法进行微量测定。骨中含氮量随着时间增加而减少，50年以下的骨骼，其含氮量为3.5—

5.0克%，而350年或更长时间的骨骼，含氮量下降为2.5克%或更少。

（三）骨骼的氨基酸含量测定

采用薄层色谱技术，可以证明骨中氨基酸多达14种，但目前只能鉴定脯氨酸或羧基脯氨酸（均为胶元组成成分）。如果存在7种或7种以上氨基酸时，估计年代在70—100年之间；如果鉴定出脯氨酸，表示少于100年。

（四）荧光反应

将新锯断的骨断面置于紫外光下检验，如均出现荧光，则少于100年；如荧光不完全，或荧光从周围逐渐向中心增加，则为100年以上。

（五）联苯胺反应

取少量骨骼经联苯胺试验，阳性结果表示100—150年（需与骨骼周围土壤作对照试验，避免出现假阳性）；如出现阴性结果，则说明骨骼年代很久，可能是古代的。

（六）凝胶扩散试验

如用抗人血清作凝胶扩散试验，阳性反应说明骨骼在5年以内；阴性反应则为10年以上。

（七）扫描电子显微镜检查

骨中磷灰石晶体随着年龄而增加，通过扫描电子显微镜观察可以测定骨骼年代。

（八）牙齿变化

据研究，牙齿釉质经过8年出现褐色斑纹或黄棕色斑纹；埋葬时间在10年以上，牙齿出现纵向浅表裂缝，牙表面呈棕红色；时间在20—30年者，牙齿变脆，裂缝变深，容易部分剥落；釉质光泽能保持60—70年，透明度可保持到入土50年；牙髓腔约3—5年开始分解，10年后被破坏。

（九）毛发变化

毛发耐腐程度仅次于骨骼。毛发腐朽过程是先失去光泽，强度逐渐减弱，弹性变差，最后变脆断裂，一般约50年才消失。

毛发强度随着入土时间延长而变弱。正常头发一般拉伸强度为48.5—95克；埋入土中2年后，抗拉强度变弱为25.4—60克；经10年后强度更小，仅为19.5—27克；40年后下降为2.2—3.1克。

〔附录〕

一、骨质损伤的复位与照相

（一）骨质损伤复位

对粉碎性骨折的碎骨片进行复位，是损伤检验中经常遇到的问题。现将常用的几种复位方法介绍如下，供参考：

1.砂堆法：这是最简单原始的方法，先取五斤左右细砂放在盆中，堆成半球形，把碎骨片按解剖部位和骨折自然裂缝拼凑好，摆在砂堆上，以砂作依托，观察骨骼损伤的全貌。此法简单易行，但骨裂不能粘合，不便长期保存。

2.石膏法：作复位用的石膏应采用颗粒细、凝固快的上等熟石膏粉(用生石膏$CaSO_4 \cdot 2H_2O$加热至120—180°C，即焙制成熟石膏$C\ S_4 \cdot H_2O$)，加水调成糊状，其比例为水：石膏＝3：5。方法是先盛好水，然后一边放入石膏粉，一边搅拌，直至调匀为止，但要防止气泡产生。将糊状石膏浆涂在骨损处，用以粘接碎骨。但此法胶接速度慢，又易污染骨损面，因此已很少采用。

3.橡胶泥法：橡胶泥又称软塑料，是一种防干剂、粘土和色粉的混合物，有一定的胶合能力，可用于粘附碎骨片。其缺点是胶接强度差，又易沾污骨损面。

4.502胶法：502胶是由α—氰基丙烯酸乙酯为主要成分的胶沾剂，在各种材料间形成薄膜时，即迅速硬化，对金属、塑料、木材、玻璃、陶瓷、骨骼等都有很强的粘接作用。使用时要避免直接接触皮肤，以防损伤人体。

用此法胶接碎骨片，优点是：①速度快，在室温下一分钟即可粘合；②不污染或掩盖损伤痕迹，便于检验；③强度大，24小时后达到最大值，70°C加热时，强度还可提高。据试验，碳钢胶接后，抗拉强度每平方厘米可大于250公斤；④如果胶接不当，可用丙酮等洗脱后重胶。所以502胶是胶接骨骼碎片的较好粘接剂。但此胶暴露于空气中，一小时即失效，故应置于冰箱内，有效期为三个月。

5，环氧树酯胶粘剂：这是含环氧基的线型高分子化合物，与硬化剂作用后能对各种材料产生优良的粘附力和胶接强度。但使用时配制复杂，硬化时间长，一般不采用。

（二）颅骨损伤照相

照相是真实记录损伤形态的一种重要方法。损伤照相要求有严格的科学性。一张好的损伤照片，不仅给损伤鉴定工作提供了生动真实的图象，而且给损伤研究工作积累了形象资料。

1.取景

头骨损伤照相的取景，不同于一般照相。首先，从检验技术要求出发，一般都应有全貌照相和局部细目照相。

全貌照相是反映颅骨的特征、损伤的位置，以及损伤之间的相互关系。这对于分析作案人与被害人的体位关系，分析造成损伤的机制，确定打击方式和打击的次数，以及造成损伤的顺序都有密切的关系。

全貌照相一般包括两方面，即基础照相和损伤概览照相。基础照相是为了给分析损伤提供颅骨特点、颅型等基础材料，它包括：颅骨正面照相、侧面照相和顶部俯视照相。

进行基础照相时，要十分注意被照颅骨的定位。不论哪一种照相，首先要把被照颅骨放在正确的位置上，即使两侧耳门上缘点和左右侧眼眶下缘点处于同一水平面上（即眼耳平面），见图3—44。

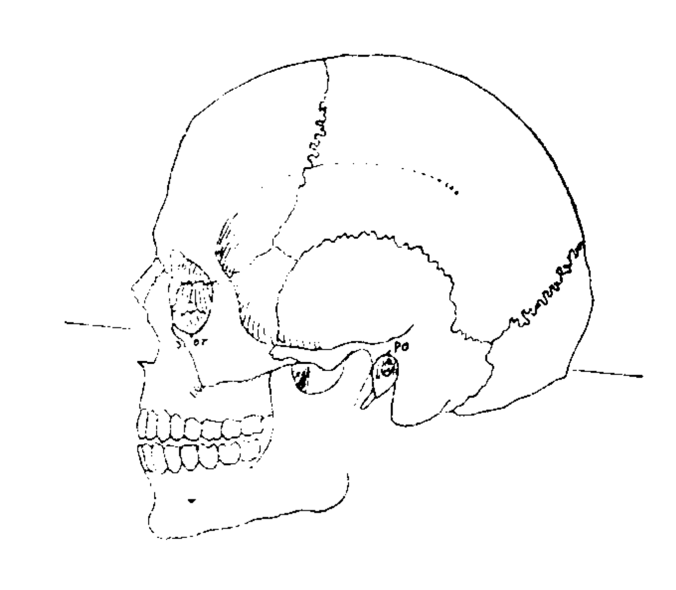


图3—44　眼耳平面（水平线经眶下缘点or和耳门上缘点po

颅骨在此水平位置时，与身体站直、两眼向正前方平视时头部所处的位置大体相一致。颅骨正面照相，要使照相机光轴对准梨状孔上方，即两眼窝之间（见图3—45）。侧面照相，要将颞鳞中部放在画面的中心位置，焦点放在相当于正中央矢状切面上，使颅骨侧面轮廓清晰可见。顶部俯视照相，要把矢状缝近前囟处放在画面中央，对焦略远于颅顶最高点处，拍照时，光圈避免过大，否则图象周围易发生变形。损伤概览照相是记录损伤全貌、损伤

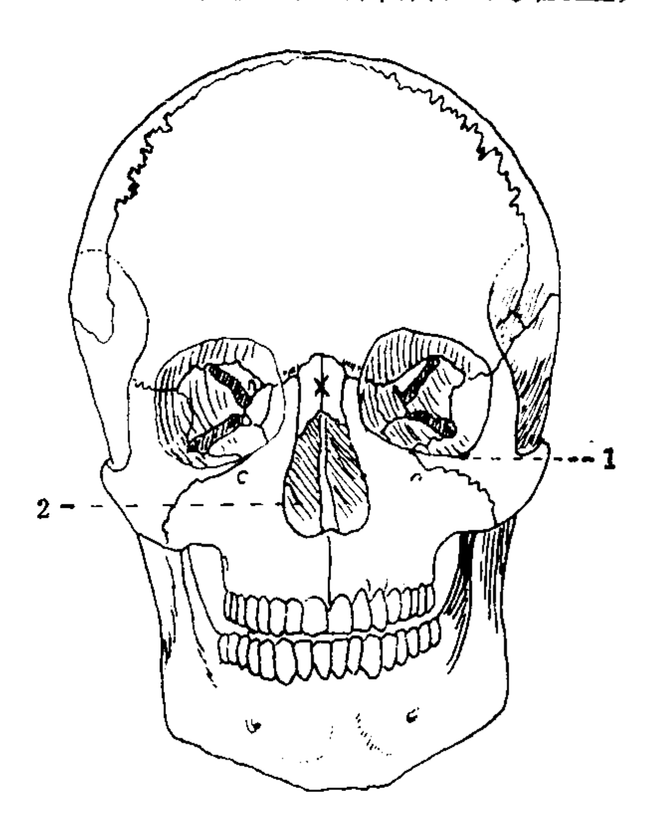


图3—45　照相机光轴对准X处
1.眶下缘点；2.梨状孔

之间及损伤与附近组织之间的关系。所以，应当选择最好的角度拍摄损伤的全貌，确定损伤在整个颅骨上所处的位置，以及多个损伤相互之间的关系。

细目照相，就是用特写镜头记录损伤的细微特征，为给分析打击方向、打击速度、确定致伤物质量和凶器接触面的特征提供图象。损伤的细目照相要主题突出，特征明显，线条清晰，层次分明。拍照时，照相机光轴要与损伤近似平面相垂直，也可按照实际需要随时调整拍摄角度，以取得最佳效果。细目照相也要反映损伤所处的方位。颅骨面部高低不平，沟、凹、嵴、窝、突密布，只要取景范围稍大些，就很容易在照片上确定损伤所处位置。但脑颅部分（头顶、枕部及头两侧）骨面比较平整，拍细目照片时，应注意把颅骨缝合、小孔、高嵴、凹窝包括在取景范围之内，便于使单张的细目照片也能反映出损伤所处的位置。倘若一个画面包括不了，可以分几个画面拍摄，但几个画面之间必须互相衔接，比例一致（用画面中的标尺来统一），便于鉴定人员和研究工作者分析研究。

全貌照相和细目照相都要放置比例尺。全貌照相的比例尺，最好不要放在颅骨上，以免掩盖特征，可采用皮卷尺放在画面的一边，但需要与拍摄的主要部位处于同一水平面上，同时取入景内。细目照相时，用白底黑线的 2 cm标尺为宜，在不掩盖损伤特征的前提下，标尺放置要接近损伤部位，并与其处于同一平面，这样可避免特写放大时，标尺不在画面内。

2.照明

正确运用照明光，对拍好颅骨损伤照片影响很大。但是

如何正确配光，是比较复杂的问题。

为了表现颅骨损伤的形态和质感，应该在损伤部位投以主光线，一般将主光灯放在与被照物成 45° 角的位置为宜，在这种情况下，被照物的立体感最明显。主光太低，则阴影太多，细部特征不容易反映出来。

辅助光用来调节同主光的照明光度比，使之不产生明显的影子和暗角。颅骨近似球形，能将投射来的光线反射出去。因此，辅助光度采用主光亮度的一半为宜。如果辅助光太弱，画面上容易出现一边淡白一边暗黑的结果；如果辅助光太强，则画面平淡，缺乏层次，没有立体感。

为了使颅骨照相取得更好的效果，还可以运用效果光，照射被摄物体的某一部分。

由于颅骨各部位曲率半径不同，反射光线的程度有很大差别，因此，往往出现画面明暗差别过大的毛病。为了解决这个问题，在使用辅助光和效果光时，可以采用加纱的办法（照明灯前加纱布或用白纸反射），见图 3 —46，使直射光

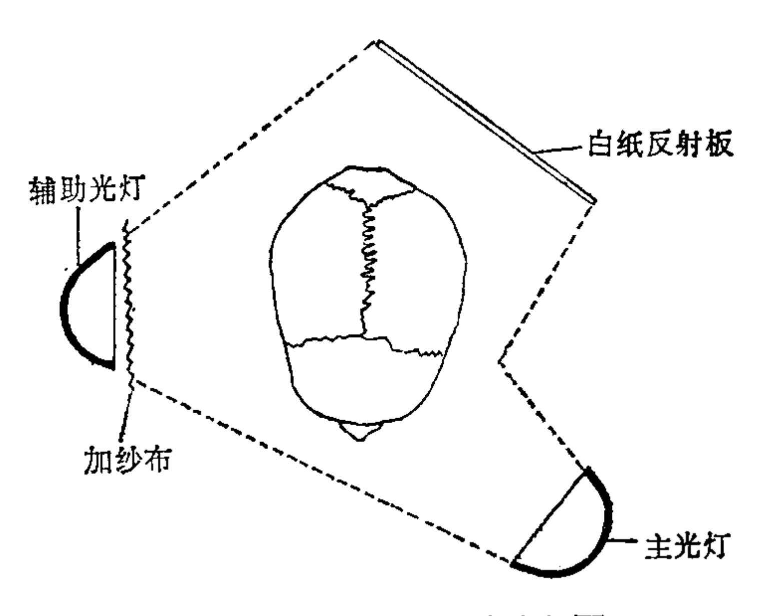


图 3 —46　照明示意图

变为柔和的漫射光。

3.曝光时间

正确掌握曝光时间，是拍好颅骨照片，真实反映损伤特征的关键。凡有条件的，最好用测光表确定曝光时间。如对局部损伤进行细目照相，应将测光表的受光孔对准损伤部位，尽量靠近。但要防止测光表或手的阴影投到被摄部位，影响测光的准确性。用目测法确定曝光时间，也只能根据被摄入镜头的那一部分物体的明暗来估计曝光，而不能考虑背景光或其它光线。

4.照片的放大尺寸

颅骨损伤照片尺寸的大小，既要满足视觉真实感的要求，不宜太小或太大；太小了，细节反映不出来；太大了底片微粒放得很粗，照片反而变得模糊，效果不好。还要便于存档保管。要放制大小合理的照片，必须考虑在观察照片时的视角与相机拍摄时的角度一致。要获得这种视角上的一致，应使观察照片的正确距离(d)等于相机镜头的焦距（f）乘以底片的线性放大率（m），即照片与底片对应边长之比：

$$d = f \times m，即m = \frac{d}{f}$$

成人正常的明视距离一般为25cm，因此取d = 25代入式中，得：

$$m = \frac{25}{f}$$

〔举例〕国产DF—135相机，f = 5.8cm，底片尺寸为2.2×3.2cm，则照片放大率m应为：

$$m = \frac{2.5}{5.8} \approx 4.3 \text{ (cm)}$$

由此得放大照片的长与宽：

长 = $4.3 \times 3.2 \approx 13.8$cm

宽 = $4.3 \times 2.2 \approx 9.5$cm

即照片的最佳放大尺寸约为9.5×13.8厘米。

但是，由于人眼有自然调节的能力，可能看清物体的最近距离（称为近点）是随年龄变化的，一般青壮年的近点为12cm（20岁为10cm，30岁为14cm，40岁为22cm，50岁为40cm），因此，在不影响视觉效果下，为了节约感光材料，放制的照片也可以适当缩小。这种计算照片放大尺寸的方法，同样适用于其它物证照片。

5.颅骨照相前的处理

颅骨作为物证，照相时一般不需要进行特殊处理，以真实反映物证的本来面貌。但在某些情况下也可作些必要的处理，使照片效果更好。如对拍摄部位作骨膜损伤检查后，将骨膜剥离掉，暴露骨板后再照。损伤部位沾染血迹过多，影响损伤特征的反映，此时除对颅骨原样进行照相外，还可以用70%酒精作局部清洗，然后再拍摄一次。对新鲜细小骨裂纹，反差不明显时，可涂一些血，然后擦去，则纹线更清晰。对粉碎性骨折，可将碎骨片复位后再照相。

为了提高照片的表现力，可用5%甘油酒精液擦拭颅骨，使其出现较明亮的光点，增强照片的质感。

此外，可以使用滤色镜加强照片的表现力。如颅骨上的骨荫一般为淡红色，可加绿色滤色镜加深色调；开棺取得的颅骨常呈黄色，易与不明显的损伤相混淆，可加黄滤色镜增

强反差，使细微特征反映出来；若有其它颜色污染骨质时，可选相同颜色的滤色镜滤去。

二、骨骼检材的处理

在办案中对骨骼检材的提取和处理，既要尽量保持骨骼损伤的原始状况，也要注意清洁和消毒。

（一）骨骼检材的提取

1.对骨骼现场的原始状况，应拍照固定，以便掌握尸骨与周围的关系、骨骼各部分之间的关系。并记录陪葬品等，供进一步检验。

2.检材的提取按检验目的而定，如作骨骼损伤检验，可仅收集有损伤的骨骼，确无损伤的骨骼可以不提取，但留有损伤的骨骼应取其全部，便于从骨骼整体上分析损伤的形成。如需对骨骼进行个人识别鉴定，则应收集全部骨骼，进行综合研究、多元分析，以便作出准确的结论。

3.对提取骨骼进行初检，观察有无损伤，有无异物，骨骼有无着色等，并记录所见情况，妥善保存异物，作进一步检验。

4.骨骼经初检后，即可清洁消毒。先将骨骼用清水冲洗，再用酒精福尔马林固定液浸泡24小时，消毒固定（固定液配制方法参照附录三《骨骼切片标本制作法》）。单纯用福尔马林固定，或在固定液中浸泡时间过长，会使骨骼收缩变形，影响检验效果。如在40％福尔马林液中浸泡48小时，颅骨前后径可比未浸泡颅骨缩短2－4毫米。

5.如果骨骼表面残留部分软组织，应先对骨骼原貌拍照，然后将残存软组织剔去，以充分暴露骨质损伤；如软组织未腐烂，应予保存，以研究软组织损伤与骨骼损伤的关系。

6.骨骼运送时要注意编号，分别包装，避免互相碰撞、磨损而出现新的损伤。

（二）骨骼标本的制作

法医工作中目前经常采用的几种骨骼处理方法如下：

1.剥离法

剔去骨表面附着的软组织比较简单，但韧带、肌腱一般不易剔除干净。此法适宜于个别骨骼，或需要保留软组织的情况。

2.沤制法

此法先将软组织大体剔去，然后将骨骼用清水浸泡在缸内，任其微生物繁殖，使残余软组织腐败分解而脱落，步骤如下：

（1）用解剖刀大体剔去软组织；

（2）骨骼浸泡于水缸内，用清水淹没标本，加玻璃盖，在日光下暴晒，以提高水温，加速腐败进程，但要防止蝇类繁殖，并随时补充水量，必要时可换水一、二次，直到软组织完全脱落为止。整个过程所需时间视气温高低而定，一般约需3个月以上；

（3）将沤好的骨骼取出，用水冲净，并将残留软组织剥离干净；

（4）用来苏尔液浸泡2天；

（5）取出水洗后晒干即可。

3.土埋法

此法较简单，但所需时间较长，制成的干骨标本颜色发黄不美观。步骤如下：

（1）先将骨骼剔去软组织（不剔去软组织亦可，但所需时间更长），装入木箱内；

（2）木箱埋在空旷向阳、离地面1.5米深的土内，复土后作上记号；

（3）土埋时间与气温、土壤湿度有关，长江以南地区约需半年以上，北方地区需1年左右。然后取出清理，对残留软组织再作清除；

（4）用水冲洗，并用硬毛刷刷洗干净；

（5）置来苏尔液中浸泡2天；

（6）取出水洗晒干。

4.石灰包埋法

这是江西省公安厅的技术人员在实践中创造的一种处理方法，有简便、快速的优点。

（1）尽可能剔除骨骼上的软组织，小块骨骼可用纱布包好，避免丢失；

（2）挖一圆柱形土坑，深1米，直径为0.5米，将骨骼与生石灰交替放入，细小骨骼可放在上面，便于随时观察骨骼处理程度；

（3）土坑内加水使淹没生石灰。约24小时软组织即可全部脱落。在此期间应检查一、二次，将部分已经处理好的骨骼先取出，以免石灰水腐蚀损害骨骺端。

（4）用水冲洗并将未脱落的软组织剔除，晒干即可。

5.碱煮法

用这种化学方法处理骨骼，进行脱脂、漂白，所需时间短，效果较好。但操作比较繁杂，步骤如下：

（1）将已剔除软组织的骨骼放在锅内，加水淹没骨骼，然后加氢氧化钠溶液，使锅内氢氧化钠溶液的浓度为2％；

（2）煮沸1小时后取出泡入水中，将残留的软组织剔去；

（3）再浸入1％氢氧化钠溶液中煮沸，随时观察，使骨表面无软组织遗留即可；

（4）骨骼晾干后，用肥皂水洗或浸入汽油内脱脂一周，在此期间随时翻动骨骼。然后取出晒干；

（5）如需漂白，可用10％的过氧化氢浸泡，随时观察漂白程度。也可用3—4％漂白粉溶液漂白。

6.已经防腐的骨骼处理法

（1）先剔去骨骼上的软组织，然后在碳酸钠、次氯酸氯化钙混合液中煮沸，使骨面软组织完全脱落为止。但时间不宜过长，以免损坏骨质；

（2）取出骨骼，用清水浸泡24小时，以除去残留药液；

（3）脱脂（方法同上）；

（4）碳酸钠、次氯酸氯化钙混合液配制方法——将150克碳酸钠溶于250毫升水中；100克次氯酸氯化钙（漂白粉）溶于750毫升水中。然后将两液混合，充分振荡约3小时后，过滤，滤液内加入等量的1.5％氢氧化钠溶液。然后取上述混合液1份，加水5份即成。浸泡骨骼时，溶液要淹没标

本。此液用后仍可过滤再用，如浓度不足，可添入适量新液。

三、骨骼测量方法

人体骨骼测量对确定骨骼年龄、性别、身高都有重要意义，现将本书中所提及的测点和测量方法介绍如下：

（一）颅骨的主要测点

1.位于正中矢状面上的测点包括：

（1）颏下点（gn）——下颌骨颏部下缘与正中矢状面相交之点（图3—47）。

（2）下齿槽点（id）——下中切牙内侧下颌齿槽突最上点。

（3）上齿槽点（Sd）——上中切牙间齿槽突最下点。

（4）上齿槽前缘点（pr）——上中切牙内侧上颌齿槽突最向前突出点。

（5）鼻下点（sn）——梨状孔下缘最低点的切线与正中矢状面相交之点。

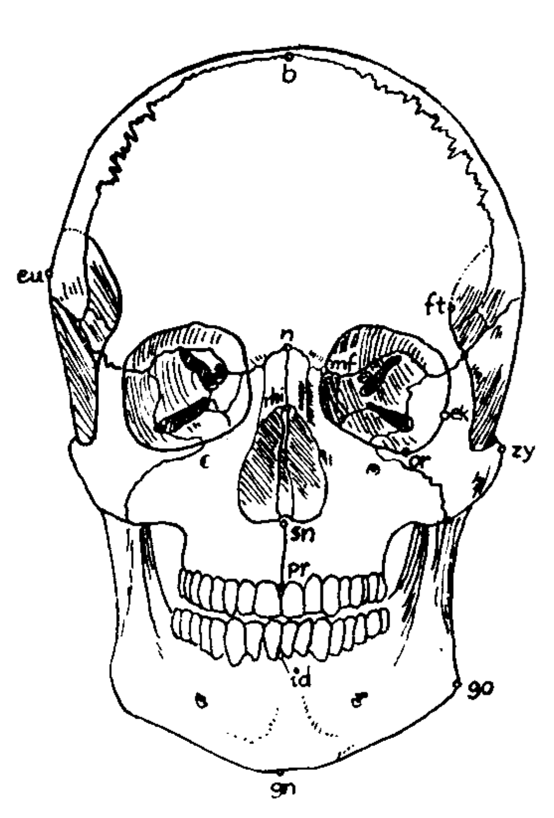


图3—47　颅骨正面观，各测点位置

（6）鼻根点（n）——鼻额缝与正中矢状面的相交点，或鼻额缝与鼻骨间缝的相交点。

（7）眉间点（g）——正中矢状面上眉弓之间的向前突出点。

（8）前囟点（b）——矢状缝与冠状缝的交接点；如交接点明显偏离一侧，则以冠状缝与矢状缝长轴相交点为准。

（9）颅顶点（V）——颅骨处于眼耳平面时，正中矢状面上的最高点。此点不固定，其位置随个体差异而前后变动。

（10）人字点（l）——矢状缝与人字缝的交接点，或两缝轴线的交点。

（11）颅后点（op）——系颅骨正中矢状面上的最后点，此点距眉间点最远（图3—48）。

（12）枕外隆凸点（i）——上项线与正中矢状面相交点（图3—50）。

（13）颅底点（ba）——正中矢状面与枕骨大孔前缘相交最低点（图3—50）。

2.位于两侧的测点包括：

（1）颅侧点（eu）

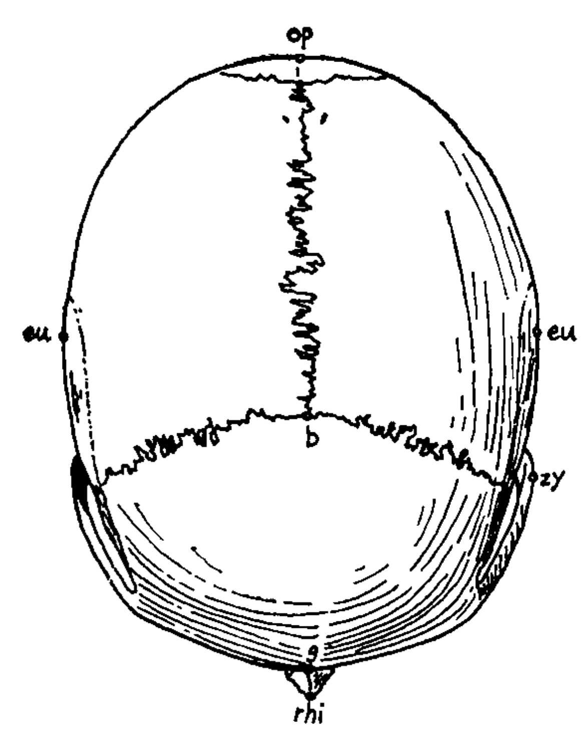


图3—48　颅骨顶面各测点位置

——颅侧壁之间最大横径，通常位于顶骨或颞鳞上部（图3—49）。

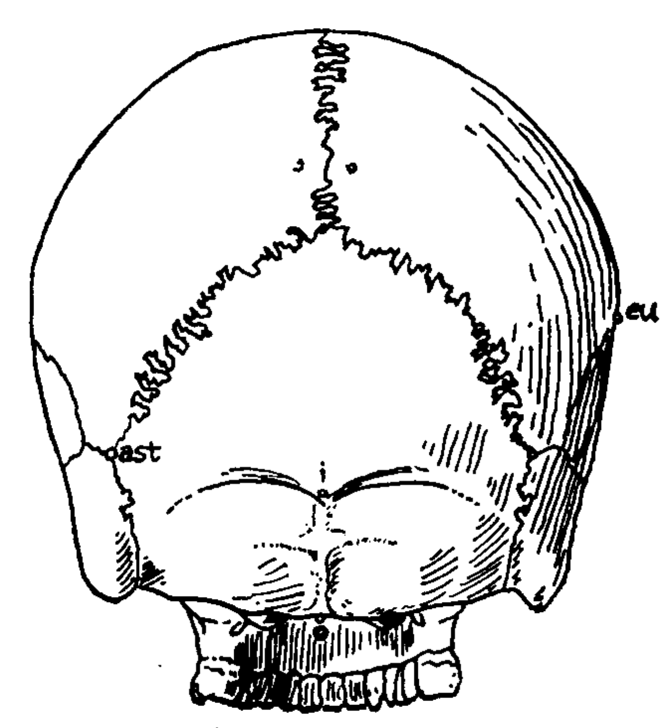


图3—49 颅骨后面各测点位置

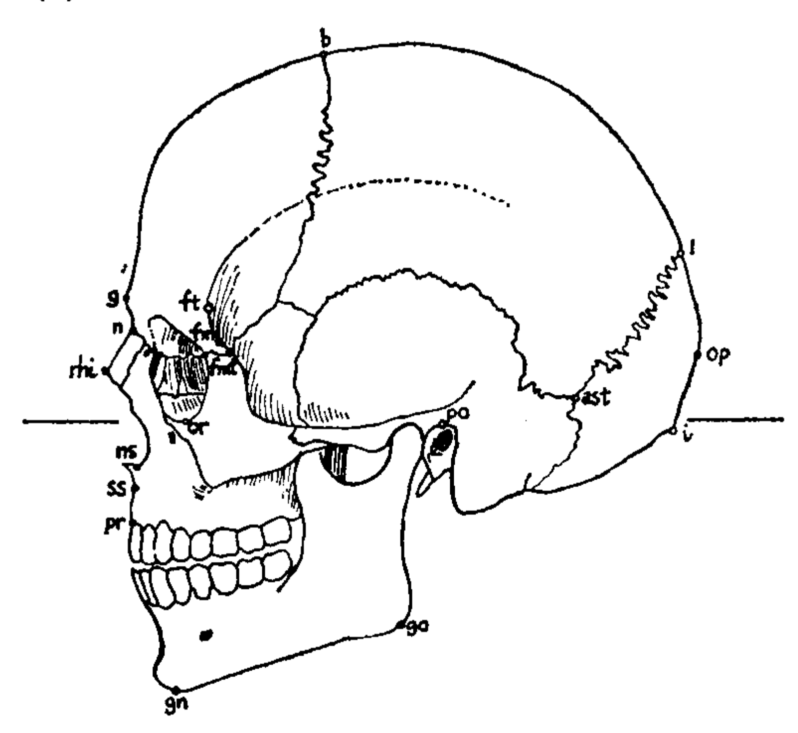


图3—50 颅骨侧面观，各测点位置

（2）耳门上缘点（po）——外耳门上缘中点，或外耳门二等分的垂线与外耳门上缘的交点。

（3）颧弓点（zy）——左右颧弓间最大横径处。

（4）眶下缘点（or）——位于眶下缘最低点，通常在眶下缘偏外侧。

（5）眶额颧点（fmo）——眶外侧缘与颧额缝交点。眶外侧缘如呈钝缘，则取适中部位。

（6）颞额颧点（fmt）——颧额缝的外端。

（7）额颞点（ft）——左右额骨颞嵴间距离最近之点

（8）下颌角点（go）——下颌体下缘与下颌枝后缘相交处。即下颌角尖处。

（9）星点（ast）——位于人字缝、枕乳缝和顶乳缝的交点；该处如有缝间骨存在，则以三缝长轴相交点为准。

（二）颅骨测量

1.颅长（g—op）——眉间点至颅后点之间的直线距离。用弯脚规的一端置于眉间点，另一端在颅后正中矢状面上取得矢状面上的最长径。

2.颅宽（eu—eu）——两颅侧点之间测得与颅骨正中矢状面相垂直的最大横径，用弯脚规测量。

3.颅高（ba—b）——从前囟点至颅底点之间的直线距离，用弯脚规测量。

4.耳上颅高（脑颅高）——左右耳门上缘点连线到颅顶正中矢状面上的高度。

5.最小额宽（ft—ft）——两侧颞嵴之间最近距离，用弯脚规测量。

6. 面最大宽（zy—zy）——两侧颧弓点之间的直线距离，用弯脚规测量。

7. 面高（n—gn）——鼻根点到颏下点的距离。测量时要考虑下颌关节盘的厚度（2—3毫米）及牙齿磨耗程度的影响。

8. 上面高（n—sd）——鼻根点到上齿槽点的直线距离，用两脚规测量。

9. 颅底长（enba—n）——枕骨大孔前缘点至鼻根点的直线距离（图3—51）。

10. 下颌角间宽（go—go）——两侧下颌角点之间的距离。

11. 下颌联合高（id—gn）——下颏点至下齿槽点之间的距离，用直脚规测量。

12. 下颌枝高——下颌小头最高点到下颌角点的距离。

13. 下颌枝最小宽——用直脚规在下颌枝前后缘间测得最小前后径。

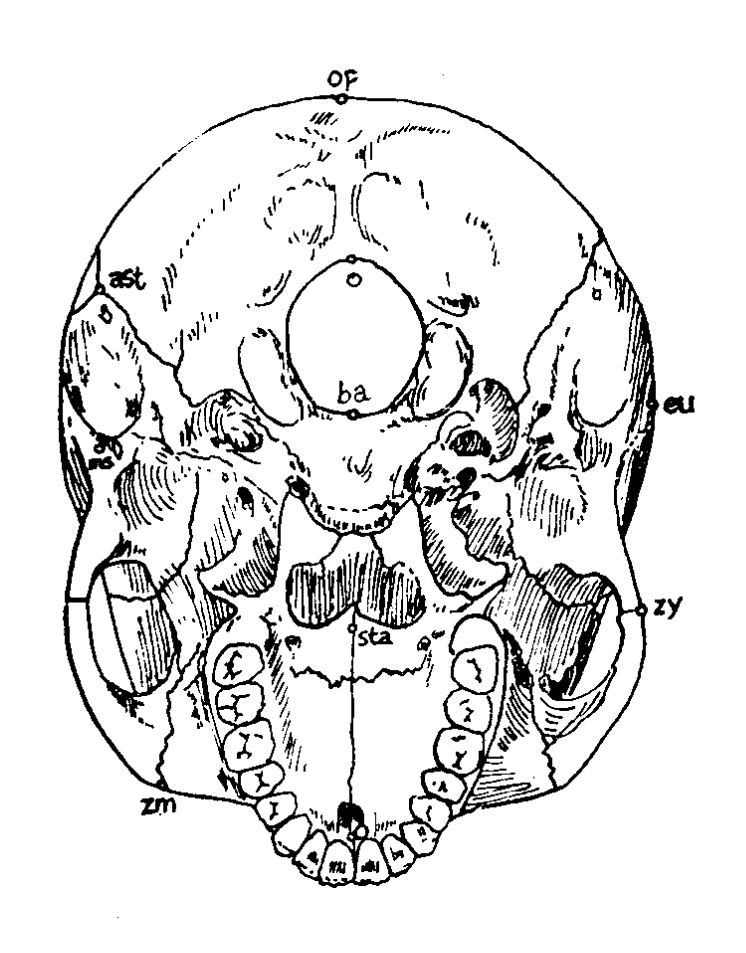


图3—51 颅骨底面各测点位置

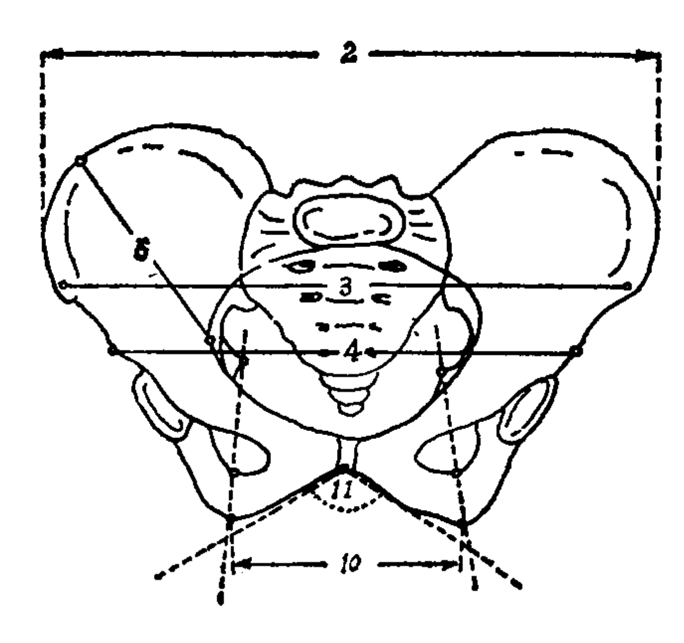
（三）骨盆测量

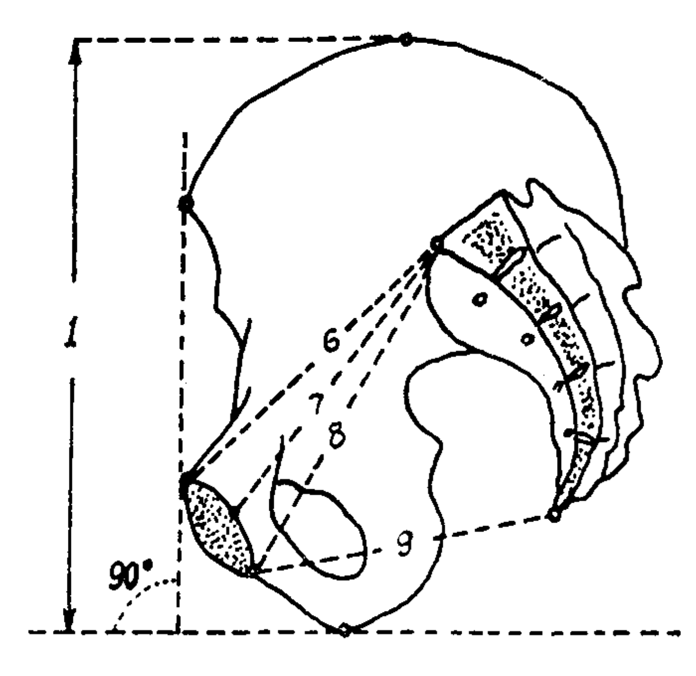
1.髂嵴间径——两侧髂嵴外缘间的最宽距离，用弯脚规测量（图3—52）。

2.髂棘间径——两侧髂前上棘外唇间的距离，用弯脚规测量。

3.骶耻外径——第五腰椎棘突尖端下方至耻骨联合的前面（约在上方下缘1厘米处）的直线距离，用弯脚规测量。

4.骨盆上口的前后径——自第一骶椎体前缘至耻骨联合后面的突出点，用弯脚规测量。





1.骨盆高度；2.最大横径（髂嵴间径）；3.髂棘间径；4.髂前下棘顶点间距离；5.髂窝高度；6.骨盆入口前后径；7.骨盆入口实际前后径；8.骶耻内径；9.骨盆出口前后径；10.骨盆出口横径；11.耻骨夹角

图3—52　骨盆测量

5．**上口横径**——左右弓状线间的最大距离，用弯脚规测量。

6．**骶耻内径**——骶骨岬中心点至耻骨联合下缘间的直线距离，用弯脚规测量。

7．**骨盆下口前后径**——骶尾关节至耻骨联合下缘。

8．**下口横径**——两侧坐骨结节间的距离。

9．**坐骨长**——髋臼月状面下缘的小切迹点至坐骨结节最突出点之间的距离。

10．**耻骨长**——髋臼月状面下缘的小切迹点至耻骨联合面上缘的距离。

（四）长管骨测量

1．**股骨长（股骨最大长度）**——股骨头最高点至内侧髁最低点之间的长度。用测骨盘测量；无测骨盘时用圆杆测高仪亦可。

2．**股骨生理长**——即股骨在人体自然位置时的高度。用测骨盘测量；无测骨盘时，可先在两髁下面作一直线，然后经股骨头上端作一直线与两髁下面的直线相平行，求得两平行线间的垂直距离（图3—53）。

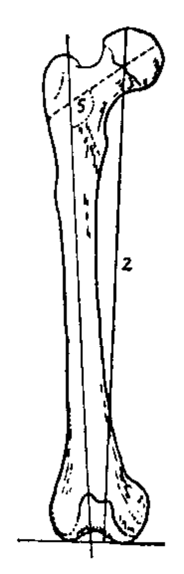


图3—53

股骨生理长（2）

及股骨颈干角（5）

3．**股骨头纵径**——股骨头最高点与最低点之间的距离。

4．**股骨颈纵径**——股骨颈上下缘之间的最小径。

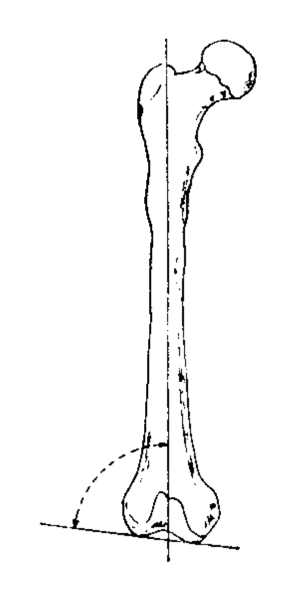
5．**股骨颈干角**——骨干轴与股颈前面

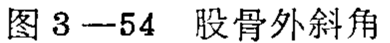
轴相交的内角，用测骨盘测量。

6.股骨外斜角（髁干角）——骨干轴与两下髁下端切线相交角（图3—54）。

7.股骨头宽——股骨头处于解剖位置时的前后缘最大距离。该径与股骨头纵径相垂直。

8.胫骨最大长——髁间隆起（髁间结节）最高点至内髁最下点之间的距离，用测骨盘测量（图3—55）。




图3—54 股骨外斜角

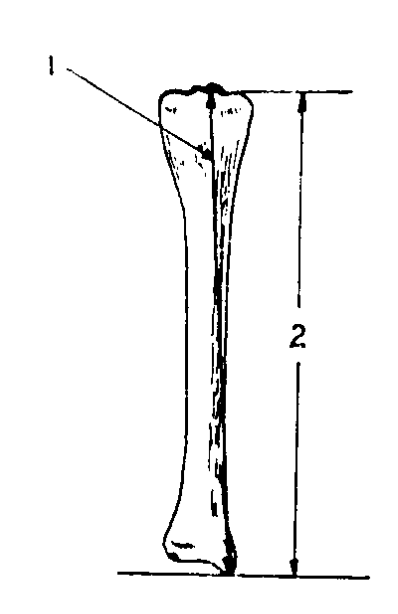


图3—55 1.胫骨最大长；2.胫骨长

9.胫骨长——内侧髁上关节面的侧缘中点至内髁最下点的距离。

10.腓骨长——腓骨小头最高点至外髁最低点之间的距离（图3—56）。

11.肱骨长（最大长）——肱骨头最上端与滑车最下点之间的直线距离（图3—57）。

12.肱骨头纵径——肱骨头最上点至最下点之间的距离。





图 3 —56　腓骨长

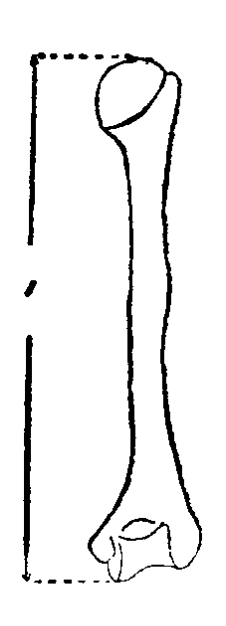


图 3 —57　1.肱骨最大长

13.肱骨干最小周——在三角肌粗隆下方，用软卷尺测量。

14.肱骨上端宽——肱骨关节面最内侧点与大结节最外侧点之间的距离。

15.桡骨最大长——桡骨小头最高点到茎突尖的距离。（图 3 —58）。

16.桡骨生理长——桡骨上下端关节面最凹点之间的距离，用弯脚规测量。

17.尺骨最大长——鹰咀最高点至茎突最低点的距离，用测骨盘测量（图 3 —59）。

18.尺骨生理长——喙点上面纵嵴的最低点到尺骨小头最低点的距离。

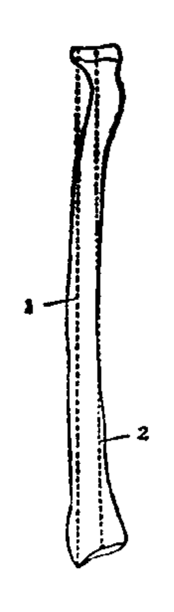


图 3—58

1.桡骨最大长；2.桡骨生理长

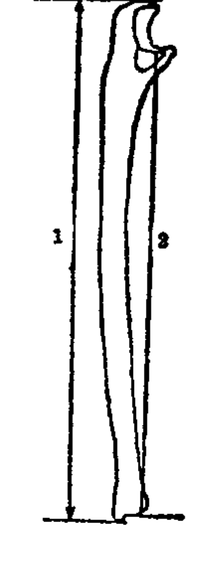


图 3—59

1.尺骨最大长；2.尺骨生理长

（五）锁骨测量

1.锁骨最大长——锁骨两端的最大直线距离。

2.锁骨中部周长——锁骨最大长中点的周径，用软卷尺测量（图 3—60）。

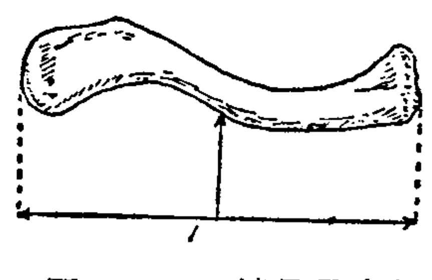


图 3—60　锁骨最大长

（六）肩胛骨测量

1.肩胛骨高——上角最高点到下角最低点之间的距离，用直脚规测量（图 3—61）。

2.肩胛骨宽——关节盂中点至脊柱缘点的直线距离，用直脚规测量。

3.关节盂长——关节盂缘最上点至最下点之间的距离。

4.关节盂宽——关节盂缘前后缘的最大距离。

5.肩胛骨厚——喙突与肩峰间的最大距离。

（七）胸骨测量

1.胸骨全长——颈静脉切迹最下点至胸骨体下缘最低点之间的直线距离，用直脚规测量（图 3—62）。

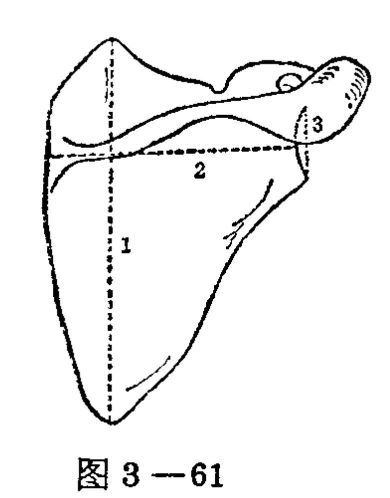
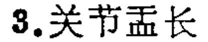


图 3—61



1.肩胛骨高；2.肩胛骨宽；
3.关节盂长

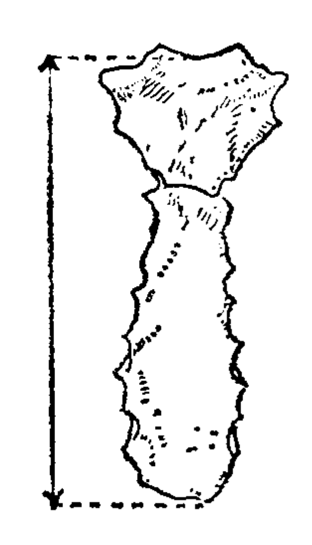


图 3—62 胸骨全长

2.胸骨柄长——胸骨柄上缘中点到胸骨柄前下缘中点的直线距离，用直脚规测量。

3.胸骨体长——胸骨体前面上下缘中点之间的直线距离，用直脚规测量。

4.胸骨体厚——胸骨体的最大厚度。

四、骨组织片的制作法

（一）骨磨片标本制作法

凡检查骨组织各部分的形态，如哈佛氏管的形状及大

小、骨板层次数目及骨单位的形态特征等等，可用骨磨片方法制作标本。

1.工具：精细锯一把、三角小精锉一把、蒸发皿两只、瓷板一块（可用凹瓷板代替）。

2.材料：二甲苯、95%酒精、蒸馏水、载玻片、盖玻片、树胶、标签、棉花少许。

3.操作方法：先将骨骼按横切面锯下一片（如需要亦可作纵切面），先用小钢锉均匀锉薄，然后将锉薄的骨片放在白瓷板未上釉质的背面（粗糙面，但颗粒较细），用棉花浸水压在骨片上来回磨，注意均匀用力，使骨片保持均匀厚薄，并随时观察，直至骨片磨成新闻纸样厚薄为止。

取下已磨好的骨片，用蒸馏水洗涤，然后放入95%的酒精内脱水约5分钟（如果骨内脂肪含量较多，可用无水酒精或乙醚脱脂），用滤纸吸干，再投入二甲苯内透明5分钟，取出放在载玻片上，滴加二甲苯树胶2—3滴，以盖玻片封固（也可用小块香胶放在载玻片中央，在酒精灯上加热使之缓慢熔化，然后取磨好的干燥骨片置于热香胶上，复上盖玻片，压平即可），并贴好标签，注明检材名称、部位、制作日期等。

若同时制作多块骨磨片时，应分别处置，防止混杂弄错。

（二）骨切片标本制作法

骨骼含钙量高，质坚硬，不能直接制成标本切片，必须用电解法或化学方法处理，使骨组织中钙盐脱去，组织软化，方可进行切片。现在介绍两种常用的化学脱钙法：

1.5%硝酸脱鈣法

①将骨标本用锯切成3—5毫米厚的骨片，用酒精福尔马林固定液固定2小时。固定液配制比例为95%酒精90毫升加40%福尔马林10毫升；

②取出标本，用水冲洗1小时；

③将标本放入100毫升5%硝酸水溶液中浸泡，每天更换新液，直至软化为止。软化程度可用针刺而知，针能穿透时即可。也可取用过的脱钙液5毫升，加1毫升氢氧化铵，混和后再加0.1毫升草酸铵饱和水溶液，如出现沉淀，则证明仍有钙盐存在，尚需继续脱钙。

④用自来水冲洗24小时后即可脱水、石蜡包埋。

2.快速脱鈣法

①将骨标本锯成3—5毫米厚的骨片；

②将骨片放在快速脱钙液中，并在37℃水浴锅中加温，约2—3小时即可达到脱钙目的。

快速脱钙液的配制方法：40%福尔马林10毫升加蒸馏水90毫升、硝酸20毫升。

③自来水冲洗24小时，80%酒精脱水固定，包埋即成。

3.温和脱鈣法

将骨片放入温和脱钙液（配制方法为100毫升氯化钠饱和水溶液中加100毫升4%盐酸）中，在脱钙时间内，每日加2毫升盐酸，直到骨片软化为止。如牙齿脱钙，则盐酸浓度可采用10—20%。

4.施摩尔（Schmorl）染色法

①用酒精福尔马林固定液固定骨片；

②采用温和脱钙法脱钙；

③火棉胶包埋、切片；

④用蒸馏水洗10分钟；

⑤用尼可勒（Nicolle）氏硫堇饱和石炭酸水溶液染色5—10分钟。

尼可勒氏硫堇石炭酸液配制法：取硫堇饱和酒精（50%酒精）2毫升，加蒸馏水10毫升配成硫堇饱和酒精溶液。取此溶液10毫升与1%石炭酸水溶液100毫升混合即成；

⑥用蒸馏水洗2分钟；

⑦浸入苦味酸饱和水溶液半分钟至1分钟；

⑧水洗；

⑨用70%酒精洗5—10分钟，洗至不再褪色为宜；

⑩用95%酒精脱水，松脂醇透明，树胶封固。

采用此染色法所得骨质染成黄色或黄褐色；哈氏管、伏氏管呈暗褐色；骨细胞呈红色。

主要参考文献

1. Gradwohl's Legal Medicine 1976年
2. 石山昱夫：现代の法医学 1975年
3. 锡谷彻：法医诊断学 1972年
4. F·Gaynor Evans：Mechanical Properties of Bone。 1973年
5. 川濑干雄：骨折上外力に関する实验的研究
6. А.П.ГРОМОВА等：Судебно—Медицинская Травматология。 1977年
7. 吴汝康等：人体骨骼测量方法 1965年
8. M. Krogman：The Human Skeleton in Forensic Medicine。 1978年
9. 埴原和郎：日本人男性耻骨の年龄的变化について《人类学杂志》62卷5号 1952年
10. 平田直行：头盖骨の性差に関する研究，《人类学研究》IV 1—12 1957年

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔ
ｉｏｎ］
书名＝法医骨学
作者＝陈世贤
页数＝２８３
ＳＳ号＝１０８０３０３０
出版日期＝１９８０年０９月第１版

前言
目录
目　　录